

# IDEJNI PROJEKT NAPREDNE KUĆNE INSTALACIJE

---

**Britvić, Ivan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:863842>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-04**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

**TEHNIČKI FAKULTET**

Diplomski sveučilišni studij elektrotehnike

Diplomski rad

**Idejni projekt napredne kućne instalacije**

Rijeka, studeni 2023.

Ivan Britvić

0069080323

SVEUČILIŠTE U RIJECI

**TEHNIČKI FAKULTET**

Diplomski sveučilišni studij elektrotehnike

Diplomski rad

**Idejni projekt napredne kućne instalacije**

Mentor : Prof. dr. sc. Dubravko Franković

Rijeka, studeni 2023.

Ivan Britvić

0069080323

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**TEHNIČKI FAKULTET**  
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKE ISPITE

Rijeka, 14. ožujka 2023.

Zavod: **Zavod za elektroenergetiku**  
Predmet: **Projektiranje električnih postrojenja**  
Grana: **2.03.01 elektroenergetika**

## ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: **Ivan Britvić (0069080323)**  
Studij: Sveučilišni diplomski studij elektrotehnike  
Modul: Elektroenergetika

Zadatak: **Idejni projekt napredne kućne instalacije / Smart home installation conceptual design**

**Opis zadatka:**

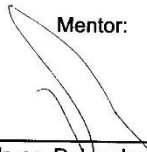
Napredne kućne instalacije temelje se na novim tehnologijama, integraciji, centralizaciji i pojednostavljenju upravljanja, automatizaciji, proširenju područja rada i energetske učinkovitosti. Napredne instalacije mogu se realizirati kao zasebni sustavi, pri čemu se svaki pojedinačni sustav projektira i izvodi odvojeno. Međutim, sinergijski efekt postiže se hibridizacijom, odnosno povezivanjem pojedinih podsustava u cjelinu tj. u napredni integrirani sustav. U radu je potrebno obraditi trenutno stanje tehnike iz domene naprednih kućnih instalacija i upravljačkih sustava. Obraditi, na razini idejnog projekta, upravljanje/regulaciju rasvjete, grijanja, ventilacije, klimatizacije, audio sustava, potrošnje električne energije i sl. za jednu obiteljsku kuću.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanje diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.


*Ivan Britvić*

Zadatak uručen pristupniku: 20. ožujka 2023.

Mentor:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. dr. sc. Dubravko Franković

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. dr. sc. Dubravko Franković

## **IZJAVA**

Sukladno članku 8. Pravilnika o diplomskom radu, diplomskom ispitu i završetku diplomskih sveučilišnih studija Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad „Idejni projekt napredne kućne instalacije“ uz pomoć navedene literature i mentorstva prof. dr. sc. Dubravka Frankovića.

Rijeka, studeni 2023.

Ivan Britvić

0069080323

## **ZAHVALA**

Iskreno zahvaljujem svojem mentoru, prof. dr. sc. Dubravku Frankoviću, na pomoći i savjetima pri izradi diplomskog rada.

Također, zahvaljujem i obitelji na neizmornoj podršci tijekom studiranja.

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED PODSUSTAVA NAPREDNIH KUĆNIH INSTALACIJA .....	2
2.1. Rasvjeta u naprednim kućnim instalacijama .....	3
2.2. Upravljanje rasvjetom .....	5
2.2.1. Paneli za upravljanje rasvjetom - spavaća soba.....	7
2.3. Klimatizacija .....	10
2.3.1. Sobni termostat .....	11
2.3.2. Određivanje radnih parametara za rad HVAC sustava – spavaća soba.....	12
2.3.3. Određivanje radnih parametara za rad HVAC sustava – kupaonica .....	14
2.3.4. Postavke sustava za postizanje visoke potrošnje energije .....	15
2.3.5. Postavke sustava za postizanje niske potrošnje energije .....	16
2.4. Audio sustav .....	17
2.5. Videonadzorni sustav .....	18
2.5.1. Princip rada.....	19
2.5.2. Komponente sustava videonadzora .....	20
2.6. Protuprovalni sustav.....	21
2.6.1. Komponente protuprovalnog sustava .....	21
2.7. Sustav nadzora i upravljanja električnim opterećenjem .....	24
2.7.1. Optimizacija energije – visokoučinkoviti uređaji .....	24
2.7.2. Grijanje vode .....	25
3. INTEGRACIJA PODSUSTAVA NAPREDNIH KUĆNIH SUSTAVA .....	27
3.1. Tehnologije za integraciju podsustava naprednih kućnih instalacija .....	27
4. PROJEKTIRANJE NISKONAPONSKE INSTALACIJE U ALATU SIMARIS .....	29
4.1. Programski paket Simaris.....	29
4.1.1. Izrada sheme u programu Simaris.....	32
4.2. Bilanca snage.....	35
4.3. Zaštita od preopterećenja .....	38
4.4. Proračun pada napona .....	40
4.5. Proračun kratkog spoja.....	46
4.6. Kriterij dosega zaštite.....	50
4.7. Kriterij termičke čvrstoće.....	54
5. IDEJNI PROJEKT NAPREDNE KUĆNE INSTALACIJE .....	59
6. ZAKLJUČAK .....	75
LITERATURA.....	76
SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI.....	77
SUMMARY AND KEYWORDS .....	78

# 1. UVOD

U današnjem ubrzanom tehnološkom dobu, kuće više nisu samo mjesta stanovanja, već su postale i središtem visokotehnološke interakcije i udobnosti. Pojam napredne kućne instalacije čovjeku predstavlja revolucionaran korak naprijed koji omogućuje prednosti i kvalitete najnovijih tehnoloških dostignuća za napredak svakodnevnih života ljudi. Ukorak napretku tehnologije ide i razvitak električnih instalacija koje pružaju nove potrebe i zahtjeve modernog svijeta. Izazovi s kojima se susreće tradicionalna električna instalacija s vremenom postaju velika zapreka, s obzirom na napredak tehnologije – primjerice, namjena električnih instalacija nekada je bila isključivo osvjetljavanje i napajanje osnovnih kućanskih aparata, dok sad ima mnogo zahtjeva pametnih uređaja, električnih automobila, obnovljivih izvora energije i mnogih drugih inovacija. S druge strane, napredne kućne instalacije spoj su najnovijih tehnologija kako bi se unaprijedila energetska efikasnost, sigurnost i udobnost naših domova. Integracijom obnovljivih izvora energije smanjuje se ovisnost o fosilnim gorivima i doprinosi se zaštiti u životnoj sredini. Budući da je planet Zemlja već vrlo zagađena, potrebna je nova tehnologija bazirana na zdravijim i ekološkim prihvatljivijim vrijednostima. Jedno od mogućih rješenja za takvo što jest napredna kućna instalacija.

U nastavku rada opisani su dijelovi naprednih kućnih instalacija poput rasvjete, klimatizacije, upotreba visokoučinkovitih uređaja i tehnologije koje se koriste za komunikaciju između različitih podsustava. Nadalje, izvršena je simulacija u alatu *Simaris* gdje su provedeni proračuni bilance snage, zaštita od preopterećenja, pad napona, kratki spoj i kriterij dosega zaštite za niskonaponsku elektroenergetsku instalaciju.



## 2. PREGLED PODSUSTAVA NAPREDNIH KUĆNIH INSTALACIJA

Prije gotovo pola stoljeća zaživio je termin na engleskom jeziku *building management system* koji označava sustav koji je upravljao objektima čija je složenost eksploatacije zahtijevala puno čvršće koncipiranje svih prisutnih instalacija s obzirom na zahtjeve komfora, zaštite i sigurnosti u incidentnim situacijama te, shodno tome, njihovu međuovisnost. Takav sustav dobiva ime „sustav upravljanja objektima“ ili „centralni nadzorno-upravljački sustav“ koji se temelji na centraliziranom procesorskom sustavu koji upravlja i nadzire sve podsustave objekta (slika 2.1.).



Slika 2.1.: Inteligentni pristup upravljanja sustavom [8]

Centralni procesor dobiva informacije iz svog sustava i okoline preko elemenata koji prikupljaju informacije i šalju ih u sustav kao digitalne, što može uključivati radne statuse pojedinih uređaja, statuse vrata, roleta i prozora, termostate i sl. S druge strane, postoje analogni ulazni signali u koje se, između ostalog, ubrajaju osjetnici vanjske i unutarnje temperature poput NTC (engl. *Negative Temperature Coefficient*) termistora, PTC (engl. *Positive Temperature Coefficient*) termistora, termoparova i analognih senzora. Sve relevantne informacije dolaze do centralnog procesora koji na temelju unaprijed definiranih parametara i složenih algoritama nadzire i upravlja naprednom instalacijom. Centralni procesor predstavlja „mozak“ inteligentnog upravljanja te ima zadaću upravljanja svim uređajima unutar objekta.

Sustav upravlja objektom preko digitalnih ili analognih signala koji se šalju do izvršnih elemenata, kao što su uključivanje ili isključivanje uređaja, otvaranje ili zatvaranje ventila termičkih krugova, reguliranje rasvjete preko prigušivača (engl. *dimmer*) itd. Brojnim unaprijed definiranim programima sustav će, ako zatreba, automatski obavještavati policiju ili vatrogasce o ugrozama objekta. Napredna kućna instalacija sastavljena je od više sustava spojenih u jednu cjelinu. Takvi sustavi pripadaju inteligentnom načinu upravljanja, a radi se o sustavima za upravljanje rasvjetom, grijanjem, ventilacijom, klimatizacijom, audio sustavom, video nadzorom itd. Paralelno s tehnološkim napretkom u izradi potrebitih uređaja i elemenata automatike koji su isprva bili namijenjeni isključivo većim poslovnim objektima, dolazi do promjene svijesti što vodi do sve šire primjene i u manjim stambenim objektima.

Za upravljanje rasvjetom koristi se npr. program IROOMS, aplikacija koja omogućava integraciju standardne opreme u jedan umreženi sustav u realnom vremenu. Na taj se način ostvaruje nadzor i kontrola nekog objekta, poput obiteljske kuće, čime se osigurava povezanost prostorija, što dovodi do uštede energije, poboljšanja kvalitete usluge i povećanja razine sigurnosti. Ovaj program odabran je zato što pruža mogućnost pregledavanja statusa, kreiranja kartica za ulazak u objekt, potvrde alarma itd. Pregledavanje statusa uključuje nadzor nad prozorima ili vratima, status čišćenja sobe ili drugih prostorija, postavljanje sobne temperature, brzina rada ventilacije, status klima uređaja, postavljanje temperature kupaonice i dr. Na taj je način korisniku omogućen kvalitetan boravak u prostoriji. Postoji veliki broj aplikacija koje se koriste za upravljanje rasvjetom, a one uključuju Phillips Hue, SmartThings, Apple Homekit, Lutron Caseta, OpenHAB.

## **2.1. Rasvjeta u naprednim kućnim instalacijama**

U naprednim kućnim instalacijama upravljanje rasvjetnim krugovima, odnosno nadzor rada i kontrola pojedinih rasvjetnih krugova vrši se putem upravljačke konzole ili kontrolne ploče. Za razliku od klasičnih električnih instalacija u kojima se primjenjuju uobičajeni prekidači za uključivanje ili isključivanje izvora svjetlosti, ovdje se regulacija rasvjete unutar objekta izvodi tako da se podešava intenzitet svjetla u prostoriji, dok postoji mogućnost određivanja svjetlosnih scena za svakojake prilike.

Inteligentno upravljanje rasvjetom jedna je od naprednih mogućnosti koje pruža moderna „pametna“ tehnologija, a koja omogućuje upravljanje različitim aspektima doma, bilo iz udobnosti naslonjača, bilo s udaljene lokacije (slika 2.2.). Također, može se postaviti i raspored paljenja rasvjetnih tijela prema kojem će se uređaji u točno određeno vrijeme uključivati ili isključivati, s dodatnom mogućnosti podešavanja ovisno o željama i potrebama korisnika.



*Slika 2.2.: Daljinsko upravljanje rasvjetom pomoću pametnog telefona [9]*

Rasvjetna oprema dizajnirana je za upravljanje unutarnjim i vanjskim rasvjetnim tijelima. Centralizirani uređaj regulira rad svih uređaja. Kako bi uređaji bili spojeni na mrežu, koristi se kontroler, dok se za detekciju aktivnosti koriste senzori i detektori. Na primjer, senzor registrira sve promjene u osvjetljenju, kao što je početak večeri i noći, a funkcionira tako da mjeri količinu svjetlosti koja dopiye do njega te, ovisno o izmjerenoj količini svjetlosti, daje signal za uključivanje svjetiljki. Posljednju funkciju u nizu ne radi senzor sam, već kontroler obrađuje i odlučuje što i gdje uključiti temeljem dobivenog signala iz senzora.

Osim mogućnosti kontrole rada električnih uređaja u kući, ovaj sustav upravljanja pruža značajno smanjenje potrošnje električne energije. Jedan od primjera za to je senzor pokreta koji je zadužen za isključenje rasvjete u prostoriji ukoliko je osoba napustila određenu prostoriju ili mogućnost automatskog podizanja roleta i isključivanja rasvjete na osnovu prisustva sunčevih zraka.

Ovaj sustav pruža raznovrsne mogućnosti koje značajno doprinose efikasnijoj potrošnji električne energije kod korisnika. Neke od tih mogućnosti jesu:

- prekid napajanja utičnica,
- raspodjela opterećenja u cijeloj kući,

- automatsko uključivanje ili isključivanje kućanskih aparata,
- prelazak na rezervne izvore napajanja,
- kontrola pristupa mreži i uređajima.

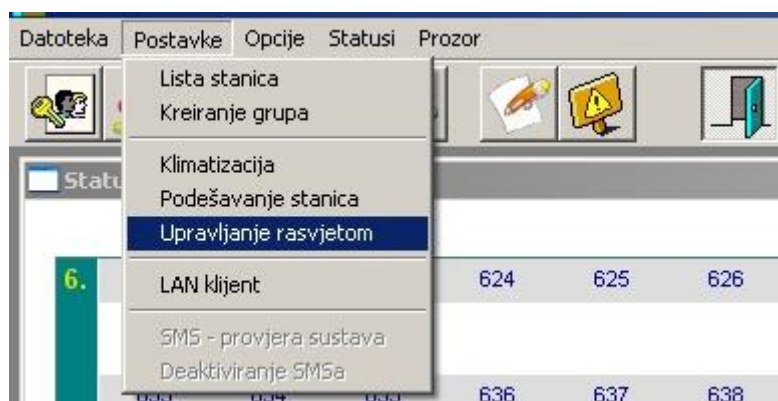
## 2.2. Upravljanje rasvjetom

Upravljanje rasvjetom podijeljeno je po etažama kuće, uobičajeno po katovima. Sve prostorije u kući moguće je nadzirati pomoću specifičnog softvera, koji je smješten u tehničkoj sobi, ali i centralizirano preko središnjeg računala.

Mogući su sljedeći načini upravljanja:

- automatsko uključivanje i isključivanje po vremenu,
- ručno uključivanje i isključivanje putem softvera,
- ručno uključivanje i isključivanje pomoću sklopki (fizičke sklopke).

Prvo, potrebno se prijaviti kao administrator u navedenom programu. Taj se postupak radi pritiskom na tipku F9 i odabirom zadnjeg retka. Zatim, treba pritisnuti tipku „Enter“ i unijeti PUK. Na kraju, u postavkama treba odabrati opciju „Upravljanje rasvjetom“ (slika 2.3.).



Slika 2.3.: Postupak odabira upravljanja rasvjetom putem programa IROOMS

Svaka prostorija u kući ima određeni broj rasvjetnih krugova za upravljanje. Osnovno podešavanje pojedinog rasvjetnog kruga svodi se na sljedećih pet parametara:

1. opis rasvjetnog kruga – vrši se izbor načina rada,
2. t1 – ON – vrijeme prvog uključjenja,

3. t1 – OFF – vrijeme prvog isključenja,
4. t2 – ON – vrijeme drugog uključenja,
5. t2 – OFF – vrijeme drugog isključenja.

Prvi parametar koji predstavlja izbor načina rada sastoji se od triju mogućih opcija, a one su: 0 – isključeno, 1 – uključeno i 3 – upravljanje prema vremenu (t1 – ON, t1 – OFF, t2 – ON, t2 – OFF).

Drugi je parametar vrijeme prvog uključenja rasvjetnog tijela (t1 – ON). Princip rada temelji se na prvom načinu rada, odnosno slučaju broj 3. Ovdje se definira vrijeme prvog uključenja u obliku višekratnika broja 15 (15-ominutni intervali (0:00 = 0, 0:15 = 1, 0:30 = 2, ... , 7:30 = 30, itd)). Ukoliko se ne koristi, parametar mora biti jednak t2 – ON.

*Tablica 2.1. : Parametri za podešavanje rasvjetnog kruga*

Broj parametra za podešavanje rasvjetnog kruga	Uloga	Oznaka
treći	vrijeme prvog isključenja rasvjetnog tijela	t1 – OFF
četvrti	vrijeme drugog uključenja rasvjetnog tijela	t2 – ON
peti	vrijeme drugog isključenja rasvjetnog tijela	t2 – OFF

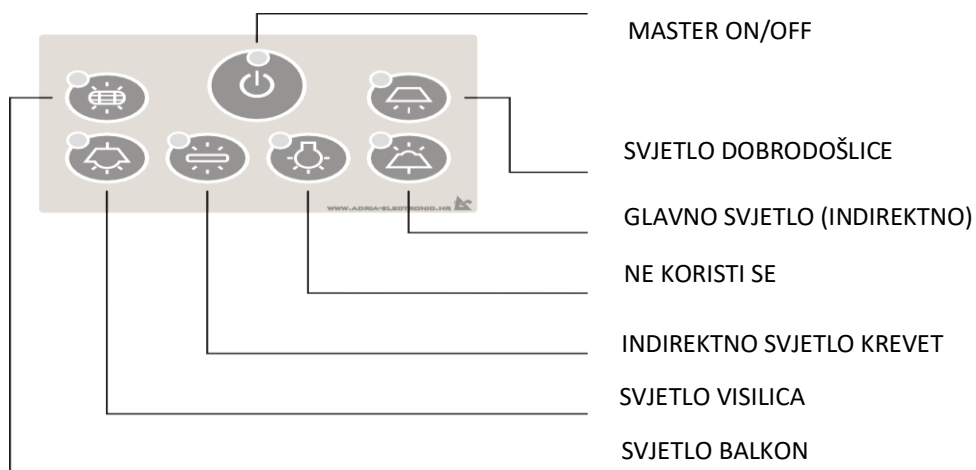
Tablica 2.2.: Vrijeme uključivanja i isključivanja rasvjetnih tijela u 15-ominutnom intervalu

<b>0:00</b>	0	<b>6:00</b>	24	<b>12:00</b>	48	<b>18:00</b>	72
<b>0:15</b>	1	<b>6:15</b>	25	<b>12:15</b>	49	<b>18:15</b>	73
<b>0:30</b>	2	<b>6:30</b>	26	<b>12:30</b>	50	<b>18:30</b>	74
<b>0:45</b>	3	<b>6:45</b>	27	<b>12:45</b>	51	<b>18:45</b>	75
<b>1:00</b>	4	<b>7:00</b>	28	<b>13:00</b>	52	<b>19:00</b>	76
<b>1:15</b>	5	<b>7:15</b>	29	<b>13:15</b>	53	<b>19:15</b>	77
<b>1:30</b>	6	<b>7:30</b>	30	<b>13:30</b>	54	<b>19:30</b>	78
<b>1:45</b>	7	<b>7:45</b>	31	<b>13:45</b>	55	<b>19:45</b>	79
<b>2:00</b>	8	<b>8:00</b>	32	<b>14:00</b>	56	<b>20:00</b>	80
<b>2:15</b>	9	<b>8:15</b>	33	<b>14:15</b>	57	<b>20:15</b>	81
<b>2:30</b>	10	<b>8:30</b>	34	<b>14:30</b>	58	<b>20:30</b>	82
<b>2:45</b>	11	<b>8:45</b>	35	<b>14:45</b>	59	<b>20:45</b>	83
<b>3:00</b>	12	<b>9:00</b>	36	<b>15:00</b>	60	<b>21:00</b>	84

Na svakoj etaži kuće ili katu obično se nalazi razdjelnik gdje je smješten kontroler koji upravlja rasvjetom pripadajućeg segmenta kuće. Uz svaki modul priključeno je osam grebenastih prekloпки kojima se rasvjetni krugovi mogu uključiti ručno, isključiti ili je moguće odabrati automatsko upravljanje definirano računalom.

### 2.2.1. Paneli za upravljanje rasvjetom - spavaća soba

Pritiskom na pojedinu tipku uključuje se i isključuje pojedini rasvjetni krug. Pritiskom na tipku „MASTER ON/OFF“ isključuju se sva uključena svjetla, dok se ponovnim pritiskom na istu tipku uključuju. Svaka tipka ima svoju funkciju upravljanja rasvjetnim krugom i označena je određenom lampicom. Lampice svijetle čitavo vrijeme i to u dva različita intenziteta; prvi način predstavlja slabiji intenzitet pri kojem su sva svjetla u sobi isključena, dok drugi pokazuje jači intenzitet pri kojem je vidljivo da je barem jedno svjetlo u sobi uključeno. Svjetlo dobrodošlice ujedno se uključuje ulaskom u kuću, odnosno otvaranjem ulaznih vrata. Balkonskim svjetlom moguće je upravljati i s računala u vremenskim intervalima. Svi rasvjetni krugovi, kao i ostala trošila, isključuju se izlaskom iz kuće. Za napajanje rasvjetnog sustava koristi se kabel 3 x 1,5 mm<sup>2</sup>.



*Slika 2.4.: Upravljačka konzola za rasvjetu*

Veličina panela dopušta smještaj do tri modula instalacijskog programa; drugim riječima, panel je velik kao tri standardna prekidača (slika 2.4.). Na svakom panelu moguće je ugraditi do šest tipki za pojedinačno upravljanje ili scene na principu pritiska na tipku čime se uključuje ili isključuje rasvjetno mjesto. Osim uključivanja ili isključivanja rasvjete, postoji mogućnost prigušivanja što predstavlja postepeno pojačavanje/prigušivanje intenziteta svjetlosti okrećući potencijometar na upravljačkom elementu (slika 2.5.).



*Slika 2.5.: Dimmer - uređaj za regulaciju razine svjetlosti [10]*

Svaka tipka ima simbol čiji oblik prati tip svjetla kojim se upravlja, a ti su simboli pozadinski osvijetljeni kad je bilo koje svjetlo uključeno. U slučaju da su sva svjetla isključena, svijetli samo signalna lampica unutar tipke „Čitanje“. Raspored lampica na panelu ovisi o konfiguraciji sobe, a počinje s desne strane kao svjetlo iz hodnika ili svjetlo „dobrodošlice“.

Iduće po redu jest glavno svjetlo u prostoriji, a zatim je na raspolaganju opcija prigušeno glavno svjetlo. Prvo s lijeve strane jest balkonsko svjetlo. Svjetla za čitanje uz uzglavlje kreveta prva su u gornjem redu do kreveta. Paneli uz krevet najčešće su zrcalne izvedbe.



*Slika 2.6.: 1. slučaj – sva su rasvjetna mjesta isključena, svijetli samo lampica za „čitanje“*



*Slika 2.7.: 2. slučaj – uključena su sva rasvjetna mjesta*

Standardno se ugrađuju tri panela. Jedan panel na ulazu u sobu ili na kraju hodnika i po jedan panel sa svake strane kreveta.





*Slike 2.8., 2.9. i 2.10.: Smještaj panela: a) pored kreveta desno, b) na ulazu u sobu, c) pored kreveta lijevo za sobu*

### **2.3. Klimatizacija**

Prostorna klimatizacija važna je funkcija koja omogućava zdravu i produktivnu radnu i životnu sredinu, ali istovremeno, kako je njezina upotreba povezana s velikom potrošnjom električne energije, ima i značajan utjecaj na potrošnju energije i emisije stakleničkih plinova.

S obzirom na to da klimatizacija čini značajan dio ukupne potrošnje energije, njezina efikasnija i ekološki prihvatljivija upotreba može značajno doprinijeti smanjenju ukupne potrošnje energije i emisija štetnih plinova. Stoga, inovativne tehnologije i prakse u klimatizaciji, poput korištenja obnovljivih izvora energije, bolje izolacije kuća, poboljšanih ventilacijskih sustava i energetske učinkovitih uređaja, mogu imati velik utjecaj na smanjenje potrošnje energije i emisija.

Postoji veći broj mogućih rješenja za ovaj problem, a prvo rješenje jesu prozori s električnim grijanjem. Ovakvi prozori se vrlo često koriste u hladnim klimatskim uvjetima zbog toga što uvelike poboljšavaju energetske učinkovitost jer sprječavaju gubitak topline. Nadalje, drugo rješenje podrazumijeva električno podno grijanje koje predstavlja energetske učinkovit sustav grijanja. No, njegova učinkovitost ovisi o brojnim faktorima, poput kvalitete izolacije prostorije i željene temperature, koja može imati i negativan utjecaj ukoliko je instalirana snaga grijanja premala u odnosu na veličinu prostorije koja se želi grijati. Treće se rješenje odnosi na pametne termostate, odnosno uređaje koji se koriste za regulaciju grijanja i hlađenja u domu. Karakteristike pametnog termostata jesu samostalno učenje navike grijanja i hlađenja od vlasnika doma, zbog čega se smanjuju troškovi energije te daljinsko upravljanje

sustavom grijanja. Kako bi se dodatno poboljšala energetska učinkovitost, potrebno je voditi računa o kvaliteti zraka u zatvorenim prostorima, odnosno potrebno je osigurati prihvatljivu kvalitetu zraka u zatvorenom prostoru.

### 2.3.1. Sobni termostat

Sobni termostat povezuje sustav grijanja ili hlađenja s internetom, kako bi se njime moglo upravljati putem pametnih telefona, tableta i osobnih računala. Razlikuju se dvije vrste termostata: žični i bežični. Žični termostati upravljaju grijanjem ili hlađenjem cijele kuće. S druge strane, bežični termostati (slika 2.11.) koriste se kad je potrebno više termostata za neovisnu kontrolu temperature u različitim prostorijama.



Slika 2.11.: Bežični sobni termostat [11]

Oni se povezuju na bojler (ili na drugi sustav grijanja) putem žičane veze postojećeg termostata. Zatim se spajaju na internet i komuniciraju s aplikacijom na pametnom telefonu, tabletu ili računalu putem Wi-Fi veze. Aplikacija radi kao programator za daljinsko upravljanje grijanjem.

Neke od mogućnosti termostata navedene su u nastavku:

- „pametno“ učenje,
- „pametni“ senzori kretanja i GPS praćenje,
- osjetljivost na vremenske uvjete,
- regulacija potrošne tople vode (PTV),
- detekcija otvorenog prozora i propuha,

- izvješća o potrošenoj električnoj energiji,
- sigurnosni i praznički način rada.

„Pametno“ učenje odnosi se na programiranje informacija o rutinama i navikama kućanstva (dolazak i odlazak ljudi, kao i informacija o korištenju grijanja u kućanstvu na odgovarajući način. „Pametni“ senzori kretanja i GPS praćenje odnose se na ugrađene senzore koji provjeravaju nalazi li se netko u kući ili ne, s ciljem uključivanja ili isključivanja grijanja. Osjetljivost na vremenske uvjete podrazumijeva komunikaciju koja se odvija između podataka koji proizlaze iz meteoroloških mjerenja i termostata s ciljem prilagođavanja postavki uređaja (ukoliko je predviđeno naglo zahladnjenje, daljinski upravljači grijanja mogu uključiti grijanje ranije nego obično ili malo povisiti temperaturu). Regulacija potrošne tople vode provodi se na razini spremnika tople vode koji je instaliran u kućanstvu, pri čemu je moguće izdati naredbu na upravljaču na daljinu za pripremu tople vode. Detekcija otvorenog prozora i propuha odnosi se na slanje upozorenja povezanom uređaju o postojanju hladnog zraka u prostoriji. Izvješće o potrošenoj električnoj energiji podrazumijeva mogućnost bilježenja mjesečnih podataka i informacija o potrošenoj energiji uz uvid u iste s ciljem adekvatne usporedbe potrošnje grijanja te smanjenja troškova. Sigurnosni i praznički način rada odnosi se na praćenje temperature pri dugotrajnom izbivanju iz kućanstva s ciljem održavanja temperature iznad sigurne granice.

### **2.3.2. Određivanje radnih parametara za rad HVAC sustava – spavaća soba**

U razmatranom primjeru, postoje četiri razine upravljanja HVAC sustavom:

1. isključeno,
2. štedna - korisnik nije u prostoriji,
3. priprema - u slučaju kada korisnik uskoro dolazi u prostoriju,
4. komforna - korisnik je u prostoriji.

Parametre za rad sustava postavlja se preko centralnog računala. U obiteljskoj kući nalaze se dvije temperaturne zone koje imaju odvojene parametre: soba i kupaonica. Parametri se mogu postavljati za svaku prostoriju zasebno, za grupu soba, hotele, kuće itd. (slika 2.12.). Parametri se mijenjaju tako da ih se unese u svijetloplavo polje i pritisne tipka *Prog*, a isti su opisani u nastavku. Zaokruženi je dio sekcija u kojoj se definiraju parametri rada za određenu prostoriju.

PROGRAMIRANJE TEMPERATURA		Pročitaj
SOBA	Namještena bazna temp. (°C)	22 Prog
	Regulacija / korisnik u kući (±°C)	2 Prog
	EkoHist / kuća izdana (±°C)	2 Prog
	EkoHist / kuća nije izdana (±°C)	1 Prog
	Kalibracija (±°C)	0 Prog
KUPAONA	Namještena bazna temp. (°C)	22 Prog
	EkoHist / kuća izdana (±°C)	1 Prog
	EkoHist / kuća nije izdana (±°C)	1 Prog
P1	Memory Page 1	Prog
P3	Memory Page 3	Prog

Slika 2.12.: Prikaz parametara za određenu prostoriju u obiteljskoj kući

Prva vrijednost koja se zadaje jest *Namještena bazna vrijednost* – vrijednost koja se mijenja dvaput godišnje. Uobičajeno je u Hrvatskoj da se ljeti ona postavi na 25, a zimi na 22 (Celzijeva stupnja – °C). Preporuka je da se te vrijednosti ne mijenjaju izvan tih sezonskih okvira.

Druga po redu jest vrijednost *Regulacija u prostoriji*. Ta vrijednost predstavlja temperaturno odstupanje, odnosno koliko korisnik može mijenjati, u pozitivnom ili negativnom smjeru, temperaturu sobe u odnosu na baznu temperaturu. Kako je zimi uobičajeno temperaturu postaviti na 22 °C, ako se temperaturno odstupanje (engl. *offset*) postavi na 3, tada će korisnik u sobi moći mijenjati temperaturu u rasponu 19 – 25 °C.

Treća je po redu vrijednost *EkoHist*. Postoje dvije varijante ovog parametra: histereza 1 (*kuća izdana*) i histereza 2 (*kuća nije izdana*). Histereza 1 predstavlja slučaj kad je kuća u stanju pripravnosti za dolazak korisnika, ali on nije u prostoriji, pri čemu će se kontroler prebaciti u režim štednje. Ovom se histerezom određuje kolika će biti štednja, uzimajući u obzir baznu temperaturu. Ako se ta histereza postavi na vrijednost 2, onda će zimi kontroler dopustiti da se prostorija prirodno ohladi do 20 stupnjeva, što je dobiveno oduzimanjem broja 2 od bazne temperature. Preko ljeta, kontroler će dozvoliti da se kuća prirodno zagrije do 24 stupnja, a ta je vrijednost dobivena dodavanjem broja 2 na baznu temperaturu. Dakle, u sobi neće biti

podešena vrijednost koju je korisnik htio postaviti, već će kuća sama postaviti štednu podešenu vrijednost. Cilj je postaviti ovu histerezu tako da se kuća u jednom razumnom vremenu, naprimjer u 15 – 20 minuta vremena, može vratiti na baznu temperaturu.

Zadnja opcija u nizu jest *EkoHist / kuća nije izdana* koja pripada histerezi 2. To je slučaj kada korisnika uopće nema u prostoriji i ne postoji najava za njegov dolazak, odnosno ono predstavlja duže odsustvo korisnika na neodređeno vrijeme, pri čemu će sustav prijeći na veću razinu štednje. Na taj se način smanjuju troškovi, ali se povećava energetska efikasnost. Ovom se histerezom određuje kolika će štednja biti. Na primjer, ako je prethodna histereza iznosila 2, a ova histereza je 1, u tom će trenutku kontroler zimi dozvoliti da se kuća prirodno ohladi do 19 stupnjeva, dok će se ljeti kuća moći zagrijati do 25 stupnjeva. Te su vrijednosti dobivene oduzimanjem i zbrajanjem obiju histereza s baznom temperaturom.

### 2.3.3. Određivanje radnih parametara za rad HVAC sustava – kupaonica

Princip je gotovo isti kao i za spavaću sobu; jedina je razlika između regulacije u spavaćoj sobi i u kupaonici što nema parametra *Regulacija za kupaonicu*, odnosno korisnik nema mogućnost promjene bazne temperature ovisno o želji i potrebi (slika 2.13.). Kontroler paralelno kombinira podno grijanje i kupaonski radijator kako bi mogao postići zadanu temperaturu. Postoji mogućnost da se u određenim godišnjim razdobljima upotrebljava samo jedan izvor topline.

PROGRAMIRANJE TEMPERATURA		Pročitaj	
SOBA	Namještena bazna temp. (°C)	22	Prog
	Regulacija / korisnik u kući (±°C)	2	Prog
	EkoHist / kuća izdana (±°C)	2	Prog
	EkoHist / kuća nije izdana (±°C)	1	Prog
	Kalibracija (±°C)	0	Prog
KUPAONICA	Namještena bazna temp. (°C)	24	Prog
	EkoHist / kuća izdana (±°C)	1	Prog
	EkoHist / kuća nije izdana (±°C)	1	Prog
P1	Memory Page 1	Prog	
P3	Memory Page 3	Prog	

Slika 2.13.: Definiranje parametara za kupaonicu

Postoji mogućnost da u jednom trenutku kupaonski radijator prestane raditi – u tom slučaju, treba provjeriti zadanu i izmjerenu temperaturu u kupaonici. Kupaonski će radijator raditi u

kombinaciji s podnim grijanjem samo ako treba dostići zadanu temperaturu kupaonice, u protivnom neće raditi.

Također, može se dogoditi i da se podigne bazna temperatura kupaonice kako bi grijanje proradilo, ali se mora uzeti u obzir da se temperatura podiže kombinacijom dvaju izvora topline, koji su podno grijanje i radijator. Takvi se izvori kombiniraju prema optimiziranim algoritmima; odnosno, može se podesiti neka temperatura ovisno o želji korisnika koja se treba postići u kupaonici, ali korisnik ne može odrediti način na koji se postiže zadana temperatura.

*Tablica 2.3.: Preporučene vrijednosti parametara za određenu kupaonicu*

<b>Parametri</b>	<b>Vrijednosti</b>
Bazni set	23
Histereza1	4
Histereza2	4

#### **2.3.4. Postavke sustava za postizanje visoke potrošnje energije**

Ukoliko želimo postaviti da sustav ima visoku potrošnju električne energije kad korisnik nije u prostoriji duže vrijeme, primjerice zimi, predlažu se sljedeće postavke:

Tablica 2.4.: Preporuka za definiranje parametara za spavaću sobu

Parametri	Vrijednosti
Bazni set	22
Regulacija	2
Histereza1	0
Histereza2	0

Kad je korisnik u sobi, temperatura može iznositi u rasponu 20 – 24 °C (Bazni set ± Regulacija). U slučaju da je kuća u stanju pripravnosti za dolazak korisnika, sustav neće dopustiti da temperatura padne ispod 22 °C (Bazni set - Histereza1). U drugom slučaju, odnosno kad u sobi nema korisnika neko duže vrijeme, sustav neće dozvoliti da temperatura padne ispod 22 °C (Bazni set - Histereza1 - Histereza2).

### 2.3.5. Postavke sustava za postizanje niske potrošnje energije

Ukoliko želimo postaviti sustav s niskom potrošnjom električne energije, preporuka je da postavke budu sljedeće:

Tablica 2.5.: Preporučene vrijednosti parametara za određenu prostoriju

Parametri	Vrijednosti
Bazni set	22
Regulacija	2
Histereza1	2
Histereza2	4

U nastavku je opisana tablica 2.5., koja je gore prikazana. U situaciji kad se korisnik nalazi u prostoriji, temperatura može biti podešena u rasponu 20 – 24 °C (Bazni set ± Regulacija). Ukoliko korisnik nije u spavaćoj sobi, ali se nalazi u nekoj od prostorija u kući sustav neće dozvoliti da temperatura padne ispod 20 °C (Bazni set ± Histereza1). Zadnji slučaj, kad je kuća prazna i korisnik uopće nije u kući, sustav neće dozvoliti da temperatura padne ispod 16 °C (Bazni set ± Histereza1 ± Histereza2).

Postoji mogućnost da se korisnik počne žaliti zbog niske temperature u sobi. Kako bi se taj problem riješio, povećava se parametar *Regulacija* čime se korisniku osigurava veći raspon podešenja temperature, pri čemu korisnici moraju biti svjesni da, kad se pojavi situacija s ekstremnim temperaturnim uvjetima, postoji mogućnost da HVAC sustav u određenom trenutku ne može isporučiti dovoljno energije.

Prethodno opisana dva primjera podešavanja parametara za rad sustava sa visokom i niskom potrošnjom energije odnose se na zimski period, tj. grijanje. Princip rada za ljetni dio godine isti je, samo što se histereze dodaju baznoj temperaturi, a ne oduzimaju, kao što je to prethodno bio slučaj.

## 2.4. Audio sustav

Audio/video sustav predviđen je za upravljanje putem različitih aplikacija koje se nalaze na mobilnim ili tablet uređajima. Također, upravljanje se može vršiti i preko računala i tipkala u objektu u kojem se korisnik nalazi. Audio i video zapise reproducira se u svakoj prostoriji objekta neovisno s lokalnog NAS uređaja (slika 2.14.). Postoji i drugi način reprodukcije multimedija, a to je korištenjem popularnih servisa poput Deezer ili TuneIn radija preko interneta.



*Slika 2.14.: NAS uređaj – omogućava reprodukciju multimedije [12]*

NAS (engl. *Network Attached Storage*) uređaj mrežni je uređaj za smještaj multimedijskih datoteka koji daje mogućnost izrade sigurnosnih kopija i arhiviranja podataka, prije čega se osigura internetska veza s mrežom. Ovakvi se uređaji sastoje od mehanizma koji implementira datotečne usluge jednog ili više uređaja na kojima se pohranjuju podaci, a imaju velike



prednosti, poput jednostavnog pristupa, velikog kapaciteta i niske cijene. Svaki NAS uređaj ima mjesto u LAN-u, kao neovisni mrežni čvor, označen sa specifičnom IP adresom. Svrha korištenja ovakvih uređaja jest krajnjim korisnicima preko svih povezanih uređaja, uključujući telefone, računala i pametne televizore, pružiti pristup datotekama, podacima i multimediji koji su smješteni na tom uređaju. Spajanje, primjerice s TV-om, vrši se pomoću HDMI priključka čime se omogućava direktan prijenos multimedije bez kašnjenja na TV-u.

Integracija audio/video sustava s obiteljskom kućom obično se odrađuje na personaliziran način, ovisno o željama i potrebama korisnika. Sustav omogućava jednostavno upravljanje audio i video sustavom pri čemu se mogu kreirati scene, poput kino načina, čijom se aktivacijom podešava jačina rasvjetnih tijela, prilagođava pozicija roleta, mogućnost spuštanja projektorskog platna i započinje reprodukcija multimedijalnog sadržaja.

## **2.5. Videonadzorni sustav**

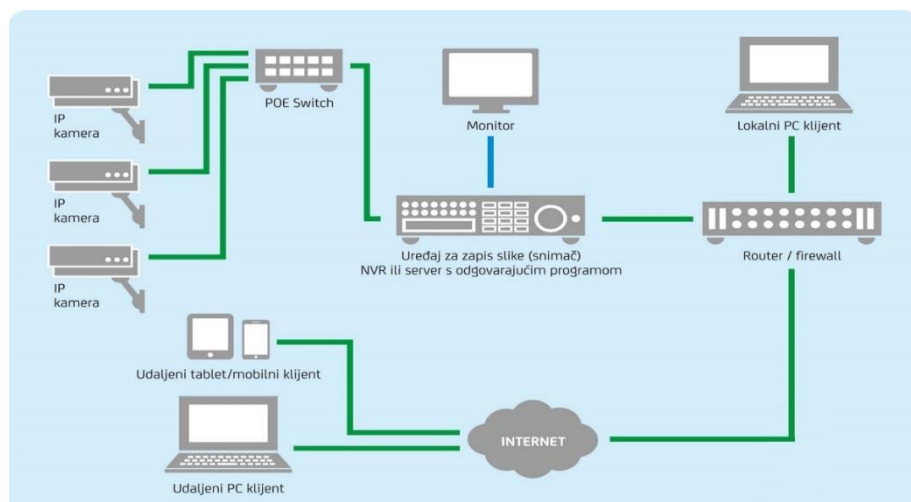
Sustav videonadzora predstavlja tehnologiju u kojoj se primjenjuju kamere i senzori za snimanje vizualnih informacija u stvarnom vremenu s ciljem nadzora i sigurnosti. Princip rada ovakvog sustava uključuje nekoliko osnovnih koraka: snimanje, prijenos, pohranu i analizu podataka.

Videonadzorni sustav sastavljen je od jedne ili više nadzornih kamera koje su povezane s centralnom jedinicom, odnosno snimačem. Centralna jedinica ima zadaću obrade signala s nadzornih kamera, dok isto vrši pohranu slika s kamera i zaslužna je za distribuciju signala lokalno na zaslonu monitora ili putem TCP/IP mreže do udaljene lokacije gdje se slika može pratiti u realnom vremenu i vršiti pregled snimljenog materijala sa snimača.

Ovakav je sustav zastupljen u mnogobrojnim područjima, od jednostavnih stambenih objekata do složenih javnih i industrijskih, a pruža brojne pogodnosti za korisnika, kao što su smanjenje krivičnih djela poput provale, krađe i vandalizma te mogućnost identifikacije počinitelja. Osim toga, mogu se koristiti i u svrhu nadzora proizvodnih pogona, nadzora prometa i slično. Svakodnevnim razvojem i unaprjeđenjem sustava za videonadzor proširene su mogućnosti integracije s ostalim sustavima, čime mogućnosti primjene videonadzora postaju gotovo neograničene.

### 2.5.1. Princip rada

U videonadzornom sustavu prijenos podataka putuje od IP kamere do monitora (slika 2.15.). Svaki uređaj ima svoju ulogu u tom procesu. Pomoću IP kamere bilježe se vizualne informacije i pretvaraju se u digitalne podatke, a svaka kamera ima vlastitu IP adresu pomoću koje se poveže s mrežom putem Ethernet priključka ili bežične veze. Nadalje, pomoću PoE preklopnika (engl. *Power over Ethernet Switch*) obavlja se prijenos podataka i napajanje IP kamere preko istog Ethernet kabela. Njegova je zadaća primanje digitalnih podataka dobivenih od IP kamere i njihovo prosljeđivanje dalje kroz mrežu. Nakon toga, digitalni podaci dolaze do snimača koji ih prima i pohranjuje, a koji je opremljen s tvrdim diskom ili drugim medijem za pohranu podataka. Posljednji u nizu jest monitor koji prikazuje snimljene videozapise krajnjim korisnicima.



Slika 2.15.: Grafički prikaz sustava videonadzora [13]

Ukoliko netko želi pregledati snimljene podatke s tableta, mobitela ili lokalnog računala, potrebno je dodati usmjerivač (engl. *Router*) kako bi se uspostavila komunikacija, čime je PoE preklopnik direktno povezan s IP kamerom i usmjerivačem preko Ethernet kabela. Drugim riječima, PoE preklopnik spojen je na jedan od Ethernet priključaka usmjerivača i na taj se način ostvaruje povezanost između IP kamere i lokalne mreže. Usmjerivač je mrežni uređaj čija je funkcija omogućiti korisniku spajanje na lokalnu mrežu s različitim uređajima te pristup internetu. Pomoću tableta, mobitela ili računala vrši se spajanje na usmjerivač žičanom vezom poput Ethernet kabela ili bežično (Wi-Fi). Na kraju, korisnici mogu instalirati odgovarajući softver ili aplikaciju za pregled snimljenog video sadržaja u stvarnom vremenu.

## 2.5.2. Komponente sustava videonadzora

Sustavi videonadzora mogu biti izuzetno kompleksni. Međutim, svaki je takav sustav sastavljen od sljedećih komponenti:

- video kamere,
- kabela,
- snimača,
- napajanja,
- mrežnih uređaja.

Svaka komponenta sustava zaslužna je za ispravno funkcioniranje cijelog sustava. Namjena je video kamere snimanje slike i videozapisa. Danas se obično koriste IP kamere za potrebe video nadzora, ali još se uvijek u velikoj mjeri koriste analogne kamere i snimači. Slika koju je snimila kamera šalje se do snimača putem komunikacijskih kabela. U slučaju IP kamera koriste se UTP kabele, dok se za analogne koriste koaksijalni. Snimač služi za prihvatanje snimljenog videa s kamere i pomoću njega se videozapisi spremaju na disk i prikazuju na spojenom monitoru. Također, omogućen je pristup putem mreže čime se može obaviti pregled uživo ili snimljenog materijala s PC-a ili mobitela.

Postoje različiti tipovi kamera koje se najčešće dijele po obliku tijela, a one su:

- box kamere – kamere koje dolaze bez objektiva čime se zahtijeva kupovina objektiva i nosača pri montaži,
- bullet kamere – njihovo je kućište cjevastog oblika,
- Dome kamere – nalaze se u kućištu oblika polukugle,
- PTZ kamere – predstavljaju pomične kamere koje je moguće softverski rotirati.



Slike 2.16., 2.17., 2.18., 2.19. redom: box kamera, bullet kamera, dome kamera, PTZ kamera [14]

Podjela video kamera, osim prema obliku tijela kamere, može se izvesti i prema rezoluciji, žarišnoj duljini objektiva, stupnju IP zaštite itd.

## **2.6. Protuprovalni sustav**

Protuprovalni sustav vrlo je važan dio u kućanstvu jer čini obrambeni mehanizam objekta čija je zadaća sigurnost ljudi i njihove imovine. Ovaj sustav ima širok spektar primjene, što uključuje tehničku zaštitu stambenih zgrada, poslovnih prostora i objekata posebne namjene kako bi se spriječila provala i izbijanje incidentnih situacija, kao što su požari, poplave, curenje plina iz plinovodnih instalacija, koje mogu nastati zbog tehničkih nedostataka ili kvarova u objektima.

Protuprovalni sustav radi tako da osigurava ulazne točke u objekt s instaliranim senzorima koji moraju imati komunikaciju s upravljačkom pločom, što je ključno za učinkovit i pouzdan protuprovalan sustav. Samo neki od razloga za kvalitetnom komunikacijom jesu brza detekcija i reakcija pri neovlaštenom ulazu, precizno upravljanje alarmima, integracija s drugim sustavima, javljanje trenutnog statusa senzora kako bi se obavijestili korisnici za održavanje ili zamjenu baterije i pouzdanost sustava. U nastavku su opisane komponente protuprovalnog sustava.

### **2.6.1. Komponente protuprovalnog sustava**

Tipični protuprovalni sustav sastavljen je od komponenti koje zajedno omogućuju zaštitu objekta, a one su:

- senzori,
- upravljačka ploča ili kontrolna jedinica,
- detekcija plamena i dima,
- svjetlosna i zvučna sirena ili alarm,
- integracija s inteligentnim kućnim sustavima.

Razlikuju se dvije vrste senzora. Prva su kontakti senzori koji se obično montiraju na vrata, prozore ili neka druga ulazna mjesta i sastoje se od triju dijelova: magneta, prekidača i kućišta. Oblik magneta najčešće je cilindričan ili pravokutan i smješten je na pokretni dio vrata ili

prozora. Prekidač je električna komponenta sastavljena od magnetnog reed kontakta i preklopnog dijela. Magnetni reed kontakt označava osjetljivi dio metalne žice koji se pokreće u slučaju detekcije otvaranja ili zatvaranja vrata ili prozora, a dizajniran je da bude jako osjetljiv na promjenu magnetskog polja kako bi reakcija bila što brža i pouzdanija. Preklopni dio predstavlja električni kontakt koji reagira ovisno o statusu magnetnog reed kontakta. Zadnji dio je kućište koje je napravljeno od plastike ili metala čija je funkcija zaštita magneta i prekidača od vanjskih utjecaja, a pruža dodatnu stabilnost i čvrstoću senzoru.

Kontaktni senzor (slika 2.20.) radi tako da se magnet pomiče od magnetnog reed kontakta, što uzrokuje izrazitu promjenu magnetnog polja, čime se djeluje na magnetni reed kontakt koji prekida strujni krug i otvara se kad se magnetsko polje spusti do neke određene niske razine. To se događa kad dođe do otvaranja vrata ili prozora što signalizira pokušaj provale. S druge strane, kad se magnet nalazi u blizini magnetnog reed kontakta, dolazi do stvaranja magnetnog polja, koji tada ostaje zatvoren i dopušten je prolaz struje kroz senzor.



*Slika 2.20.: Kontaktni senzor za vrata [15]*

Druga vrsta senzora jest detektor pokreta (slika 2.21.) koji se koristi za detekciju pokreta unutar određenog područja, a ima veliku osjetljivost u slučaju promjene u infracrvenom zračenju i reagira kad se registrira pomak unutar njegovog dometa.



*Slika 2.21.: Detektor pokreta [16]*

Prednosti su detektora pokreta pokrivanje šireg područja, brzo otkrivanje prisutnosti pokreta unutar svog doseg i prilagodljivost. Detektori pokreta imaju i neke nedostatke poput mogućnosti lažnih alarma što uključuje osjetljivost na kućne ljubimce i kretanje objekata kao što su zavjese te slijepa područja.

Kontrolna je jedinica okosnica protuprovalnog sustava, a svrha joj je primanje signala sa senzora, nadziranje njihovog stanja, aktivacija alarma u slučaju detekcije prijetnje te upravljanje sustavom. Postoji mogućnost da korisnici sami kreiraju rad kontrolne jedinice po želji, što uključuje aktiviranje, deaktiviranje i konfiguriranje sustava.

Centralna nadzorna stanica predstavlja kontrolni centar pomoću kojeg se primaju signali s kontrolne jedinice i senzora, obrađuju informacije i obavještavaju sigurnosne službe ili vlasnici objekta u slučaju incidenta. Detekcija plamena i dima uključuje senzore za otkrivanje prisutnosti požara koji šalju upozorenja kako bi se osigurala rana detekcija i evakuacija. Sirene se koriste za zvučno upozorenje u slučaju pojave alarma, a montirane su na vidljivim mjestima zbog što lakšeg upozorenja o potencijalnoj provali ljudima koji se nalaze u blizini.

Integracija s pametnim kućnim sustavima daje centraliziranu kontrolu nad sigurnosnim sustavom putem mobilnih telefona, tablet računala ili daljinskih upravljača. Daljinski upravljač dio je protuprovalnog sustava koji predstavlja prijenosni uređaj i pruža korisniku aktiviranje, deaktiviranje i upravljanje protuprovalnim sustavom s udaljenosti.

## 2.7. Sustav nadzora i upravljanja električnim opterećenjem

Sustav nadzora i upravljanja električnim opterećenjem osigurava praćenje, kontrolu i optimizaciju električnih uređaja i sustava. Krajnji je cilj imati učinkovitu, sigurnu i optimalnu upotrebu električne energije. Takav je sustav moguće implementirati u različita okruženja, kao što su industrijska postrojenja, stambeni objekti, elektroenergetske mreže. Glavni razlozi za upotrebu ovakvog sustava uključuju:

- praćenje potrošnje električne energije – sustav omogućava praćenje potrošnje električne energije različitih uređaja, strojeva ili sustava (moguće je identificirati potencijalne izvore troškova i gubitaka energije),
  - daljinsko upravljanje – sustav pruža mogućnost daljinskog upravljanja električnim uređajima i opterećenjima što znači da se uređaji mogu uključivati ili isključivati putem centralnog sučelja,
  - automatizacija – sustav može biti programiran za automatsko upravljanje opterećenjima prema definiranim pravilima ili uvjetima,
  - optimizacija energije – sustav ima uvid u podatke o potrošnji električne energije i prilagođava postavke opterećenja kako bi se postigla maksimalna energetska učinkovitost,
  - sigurnost – praćenje parametara poput napona, struje i temperature kako bi se uređaj zaštitio od preopterećenja,
- integracija s pametnim mrežama – pametne kuće imaju mogućnost povezivanja s pametnim energetske mrežama.

### 2.7.1. Optimizacija energije – visokoučinkoviti uređaji

Visokoučinkoviti kućanski aparati uređaji su koji su dizajnirani s namjerom da koriste manje energije za obavljanje istih funkcija kao i njihove manje učinkovite verzije, a uključuju: perilice rublja, sušilice, hladnjake, zamrzivače, pećnice, ploče za kuhanje, klima uređaje i



*Slike 2.22. i 2.23.: sušilica s toplinskom pumpom, indukcijska ploča [4]*

ostale uređaje za kućanstvo. Takvi uređaji koriste napredne tehnologije poput upravljivog elektromotornog pogona, toplinskih pumpi i LED rasvjete kako bi smanjili potrošnju energije. Njihov učinak može biti značajan, smanjujući potrošnju električne energije za 20 – 50 % u odnosu na manje učinkovite uređaje, što ne samo da smanjuje račune za energiju, već također smanjuje emisije stakleničkih plinova koje stvara proizvodnja električne energije. Ukratko, tu se ubrajaju svi uređaji koji objedinjuju više tehnologija energetske učinkovitosti i na taj način omogućavaju visoku energetske učinkovitost.

Indukcijska ploča radi na principu elektromagnetske indukcije. Unutar ploče nalazi se elektromagnetska zavojnica koja zbog protjecanja struje generira elektromagnetsko polje. Kad se posuda postavi na ploču, elektromagnetsko polje generira struju u dnu posude koja omogućava toplinsko zagrijavanje posude i sadržaja u njoj. Na taj se način grije samo posuda, što znači da se ne odbacuje toplina u slučaju manje posude u odnosu na ploču.

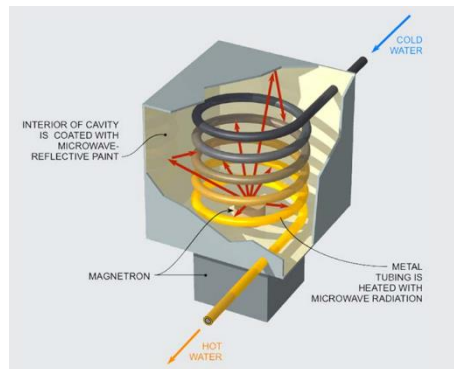
Sušilice s toplinskom pumpom (engl. *Heat Pump Dryers*) jesu sušilice rublja koje se koriste tehnologijom toplinske pumpe za sušenje rublja. Kod dosadašnjih, konvencionalnih sušilica, nakon što ga se iskoristi za sušenje rublja, topli zrak odlazi u kondenzator u kojem se vlaga kondenzira u vodu, a „višak“ se topline odbacuje u zrak. Nova tehnologija sušilica ne odbacuje „višak“ zraka već ga vraća natrag u proces, čime smanjuje potrebnu količinu energije za ponovno zagrijavanje zraka. Ovakve sušilice upotrebljavaju i do 50 % manje energije za obavljanje istog zadatka kao i one konvencionalne, smanjuju troškove krajnjih potrošača, ali i emisije plina CO<sub>2</sub>. Osnovni je nedostatak sušilica s toplinskom pumpom duže vrijeme potrebno za obavljanje istog zadatka, ali s obzirom na navedene prednosti, takav je nedostatak prihvatljiv.

### **2.7.2. Grijanje vode**

Grijanje vode za kućanstvo je važan segment potrošnje električne energije. Električna energija koristi se za različite oblike grijanja vode, a njezina se potrošnja može smanjiti primjenom inovativnih tehnologija grijanja vode koje uključuju sustave grijanja vode s toplinskom pumpom i mikrovalne grijače vode (slika 2.24.).



Princip rada takvog učinkovitog grijača vode temelji se na korištenju mikrovalne radijacije za zagrijavanje vode koja protječe kroz namotanu cijev. Proizvedena mikrovalna radijacija prolazi kroz perforirane otvore u metalnom kućištu i reflektira se od premaza mikrovalno reflektivne boje na stijenkama kućišta.



Slika 2.24.: Učinkoviti grijač vode [4]

Toplinske pumpe iznimno su učinkoviti uređaji koji ne stvaraju toplinu nego je jednostavno prenose iz okoline prema mjestu grijanja. Osim toga, toplinske pumpe mogu raditi i u suprotnom smjeru, što znači da oduzimaju toplinu iz stambenog prostora i predaju je u okolinu, a takav princip koriste klima uređaji.

### 3. INTEGRACIJA PODSUSTAVA NAPREDNIH KUĆNIH SUSTAVA

Za povezivanje podsustava napredne kućne instalacije upotrebljavaju se različite tehnologije i protokoli za povezivanje sustava s jednim centralnim sučeljem ili upravljačem, što je vrlo važno za integraciju različitih tehnoloških komponenti i sustava unutar kuće kako bi se postigle bolja funkcionalnost, efikasnost i upravljivost.

Glavni je cilj integracije naprednih kućnih instalacija omogućiti korisniku centralizirano upravljanje različitim sustavima putem jednog uređaja. Pod te sustave ubrajaju se rasvjeta, grijanje, ventilacija, klimatizacija, video-nadzorni sustav, audio sustav itd. Primjerice, korisnik bi mogao upotrijebiti pametni telefon ili tablet računalo za kontrolu rada osvjetljenja, termostata, alarmnog sustava itd.

#### 3.1. Tehnologije za integraciju podsustava naprednih kućnih instalacija

Na tržištu je moguće pronaći mnogo različitih sustava napredne kućne instalacije. Svaki sustav temelji se na specifičnoj tehnologiji koja se koristi za razmjenu podataka između svih komponenti sustava. Tehnologije se razlikuju po izvedbi, opsegu, brzini prijenosa podataka itd. Neke od tih tehnologija jesu Wi-Fi, Bluetooth, Z-Wave, Zigbee, Ethernet i Powerline Communication. U tablici 3.1. prikazana je usporedba tehnologija:

*Tablica 3.1.: Usporedba tehnologija za povezivanje sustava naprednih kućnih instalacija*

<b>Tehnologija</b>	<b>Wi-Fi</b>	<b>Bluetooth</b>	<b>Z-Wave</b>	<b>Zigbee</b>	<b>Ethernet</b>	<b>Powerline Communication</b>
Karakteristike	bežična tehnologija koja omogućava brzu povezanost sa širokom	kratkodometna bežična tehnologija	bežični protokol posebno dizajniran za inteligentne kuće	bežični protokol, sličan Z-Waveu	žična tehnologija koja se koristi Ethernet kabelima za povezivanje uređaja	žična tehnologija koja koristi postojeće električne vodiče za komunikaciju (praktična opcija ukoliko postavljanje

	mrežom uređaja					bežične mreže predstavlja izazov ili je nepoželjno
Prednosti	visoka brzina prijenosa podataka, široka rasprostranjenost	niska potrošnja energije, jednostavno uparivanje uređaja	niska potrošnja energije, mogućnost proširenja mreže	niska potrošnja energije, mogućnost stvaranja velikih mreža s uređajima	stabilna veza, visoka brzina prijenosa podataka	jednostavna instalacija i visoka kompatibilnost s električnim vodičima u kući
Mane	visoka potrošnja energije, potreba za snažnim Wi-Fi signalom za stabilnu vezu, veća cijena implementacije	ograničen domet, nešto niža brzina prijenosa podataka u odnosu na Wi-Fi	Ograničen broj uređaja na jednoj mreži	složeniji za postavljanje u odnosu na druge tehnologije	fiksna instalacija, veći troškovi postavljanja kabela	brzina prijenosa podataka varira ovisno o kvaliteti električne mreže i osjetljivost na elektromagnetske smetnje i šum

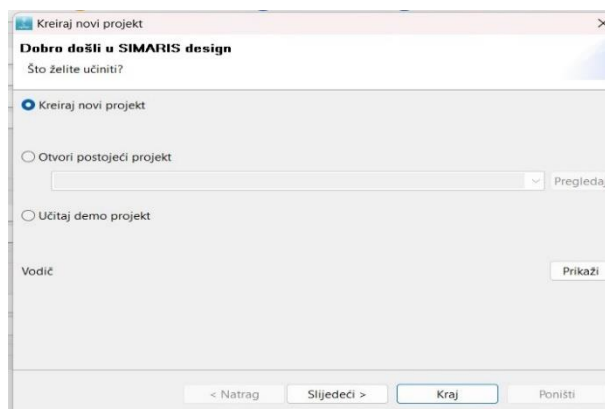
## 4. PROJEKTIRANJE NISKONAPONSKE INSTALACIJE U ALATU SIMARIS

### 4.1. Programski paket Simaris

Program SIMARIS omogućava učinkovitu podršku za izbor i dimenzioniranje opreme u NN instalacijama, izradu troškovnika, kao i prikaz proradnih karakteristika zaštitnih uređaja. Neke od funkcija programskog paketa jesu:

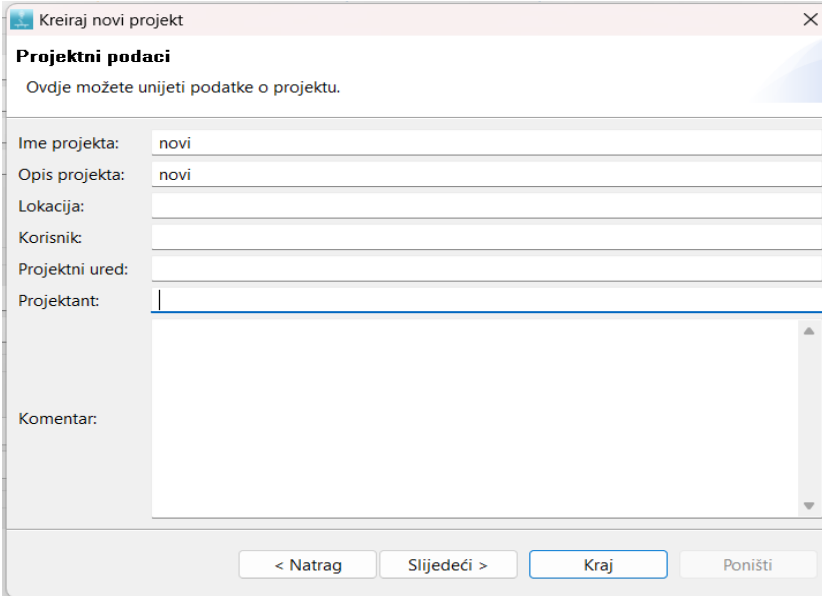
- jednostavno rukovanje s opcijama dokumentiranja koje su prilagođene korisniku tijekom izvoza rezultata projektiranja,
- mogućnost projektiranja od početka do kraja elektroenergetske mreže, uključujući uređaje i sustave od srednjenaponske razine pa sve do trošila električne energije,
- automatski odabir odgovarajuće opreme na predviđeno mjesto,
- visok stupanj pouzdanosti projektiranja s fleksibilnošću kod procesa projektiranja i izvođenja,
- načini rada mreže mogu se definirati po želji,
- mogućnost izračuna kratkog spoja, tokova snaga i pada napona,
- mogućnost analize i optimizacije energetske učinkovitosti.

U nastavku je opisan proces izrade projekta NN električne instalacije pomoću alata Simaris. Pri izradi novog projekta, otvara se dijaloški okvir prikazan na slici 4.1. U tom se dijelu korisniku nude tri opcije: kreiranje novog projekta, otvaranje postojećeg projekta i otvaranje demo projekta. Učitavanje demo projekta služi za dodatno objašnjenje načina rada ovog programa i pojedinih komponenti mreže na postojećem primjeru elektroenergetske mreže.



Slika 4.1.: Dijaloški okvir za kreiranje novog projekta

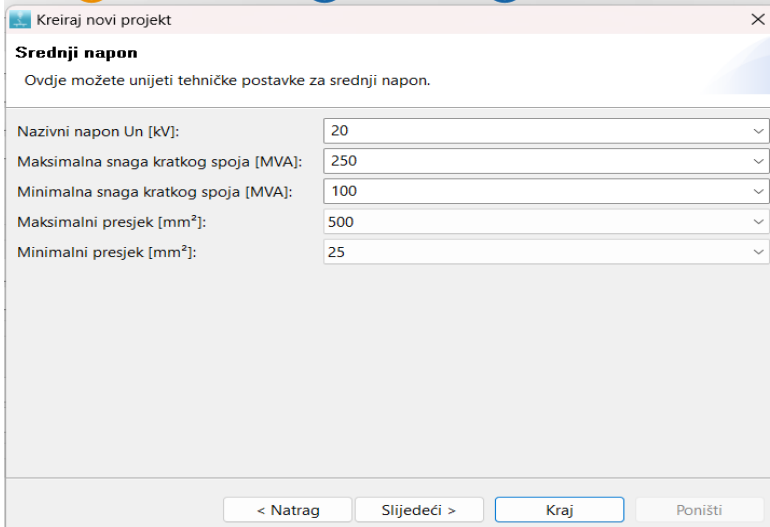
Označavanjem opcije „Kreiraj novi projekt“ i pritiskom na tipku „Sljedeći“ pojavljuje se novi dijaloški okvir (slika 4.2.) u kojem se definiraju projektni podaci koji uključuju ime projekta, opis projekta, lokaciju, naziv korisnika, projektni ured, ime projektanta i komentar.



The screenshot shows a dialog box titled "Kreiraj novi projekt" with a close button (X) in the top right corner. The main heading is "Projektni podaci" and the instruction below it says "Ovdje možete unijeti podatke o projektu." The form contains several input fields: "Ime projekta:" with the value "novi", "Opis projekta:" with the value "novi", "Lokacija:", "Korisnik:", "Projektni ured:", and "Projektant:". Below these is a large text area for "Komentar:". At the bottom, there are four buttons: "< Natrag", "Sljedeći >", "Kraj", and "Poništi".

*Slika 4.2.: Postavljanje projektnih podataka*

Nije potrebno ispuniti sva polja koja nudi ovaj dijaloški okvir; dovoljno je ispuniti samo tri polja: naziv i opis projekta te ime projektanta. Kad su ta polja ispunjena, odabire se opcija „Sljedeći“ čime se otvara novi prozor (slika 4.3.). U tom se prozoru nalaze parametri SN mreže – unose se tehničke postavke za srednji napon, kao što su nazivni napon, maksimalna snaga kratkog spoja, maksimalni presjek i minimalni presjek vodiča. Temeljem toga određuju se karakteristike mreže koja se planira projektirati.



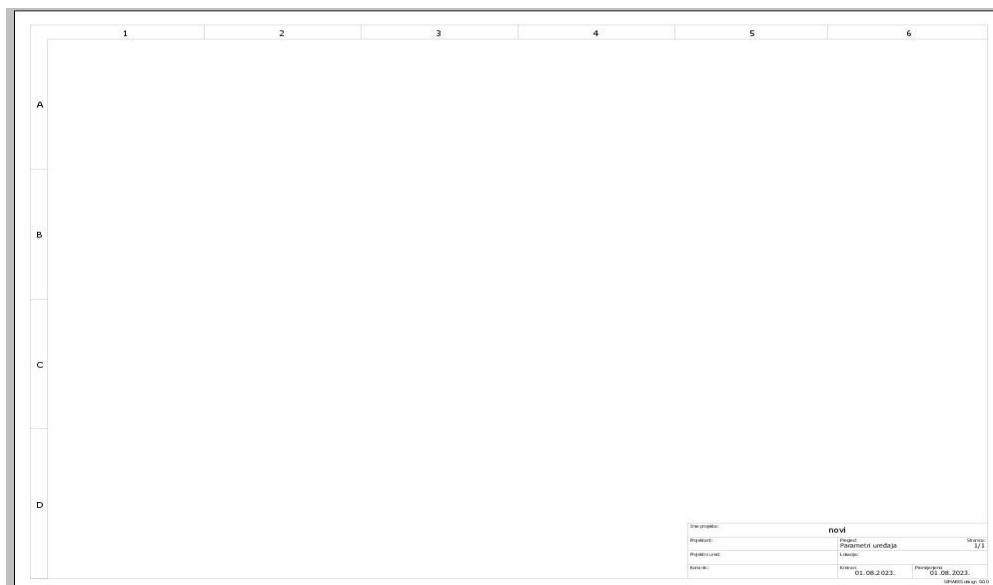
The screenshot shows the same dialog box, but the heading is "Srednji napon" and the instruction says "Ovdje možete unijeti tehničke postavke za srednji napon." The form contains five dropdown menus for technical parameters: "Nazivni napon Un [kV]:" with value 20, "Maksimalna snaga kratkog spoja [MVA]:" with value 250, "Minimalna snaga kratkog spoja [MVA]:" with value 100, "Maksimalni presjek [mm²]:" with value 500, and "Minimalni presjek [mm²]:" with value 25. The bottom buttons are the same as in the previous screenshot.

*Slika 4.3.: Parametri za srednji napon*

Nadalje, pritiskom na tipku „Sljedeći“ otvara se posljednji prozor (slika 4.4.) u kojem se postavljaju parametri za niski napon. Parametri koji se definiraju jesu: nazivni napon mreže, frekvencija, dopušteni napon dodira, temperatura okoline uređaja, broj polova, detekcija zemljospoja, referentna točka za izračun pada napona, relativna vrijednost napona u promatranoj točki, maksimalni dozvoljeni pad napona u mreži, maksimalni presjek i minimalni presjek vodiča.

Slika 4.4.: Parametri za niski napon

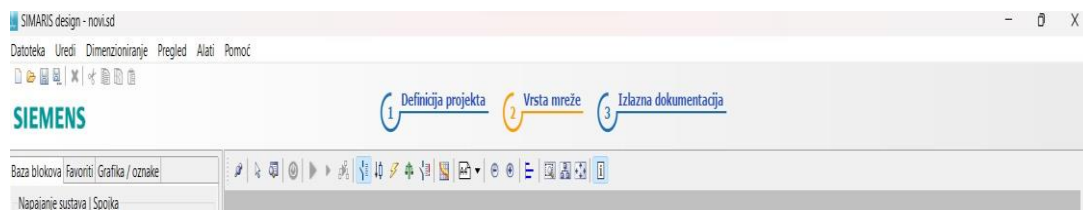
Na taj se način postavljaju parametri koji se određuju po želji korisnika. Potom, pritiskom na tipku „Kraj“ gotovi su koraci definiranja projekta, nakon čega se otvara radni prostor programa Simaris u kojem korisnik projektira mrežu (slika 4.5.). Kako bi korištenje ovog programa bilo lakše, neka su polja za unos podataka automatski popunjena s određenim vrijednostima.



Slika 4.5.: Radni prostor u programu Simaris

Međutim, moguće je u bilo kojem trenutku izvršiti zamjenu postavljenih vrijednosti odabirom odgovarajućih podataka iz padajućeg izbornika.

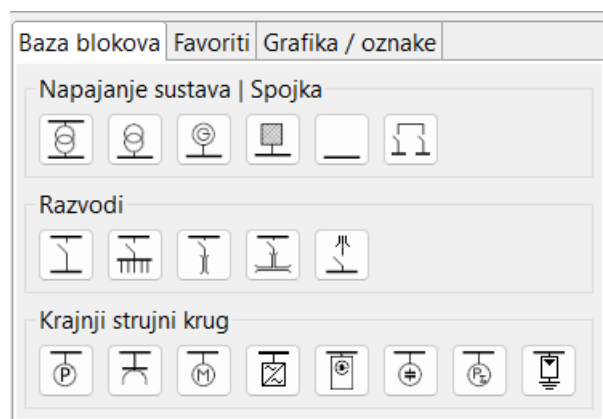
Izrada projekta u programu Simaris sastoji se od tri faze, a one su: definicija projekta, vrsta mreže i izlazna dokumentacija. Koraci prve faze - definicije projekta, opisani su već ranije. U drugoj fazi - izbor vrste mreže, korisnik kreira elektroenergetsku mrežu s dostupnim elementima po želji, a treća je faza izlazna dokumentacija u kojoj se obavlja izvoz projektirane mreže u različitim oblicima (najčešće je to PDF format). Na slici 4.6. prikazane su sve tri faze koje se odabiru lijevim klikom miša na broj za pojedinu fazu.



Slika 4.6.: Prikaz pojedinih faza tijekom izrade projekta

#### 4.1.1. Izrada sheme u programu Simaris

Pri kreiranju nove mreže potrebno je prvo odabrati odgovarajuće elemente koji se nalaze u knjižnici (engl. *Library*) (slika 4.7.). Umetanje elementa na radni prostor moguće je klikom miša na određeni simbol elementa, nakon čega se metodom „dovuci i ispusti“ (engl. *Drag and drop*) element umeće na radnu površinu. Na taj je način korisniku pružen jednostavan, brz i siguran put za izgradnju željene mreže.



Slika 4.7.: Knjižnica s elementima

Prvi element mreže je energetska transformator, nazivne snage 400 kVA (slika 4.8) proizvođača Siemens.



Slika 4.8.: Transformator nazivne snage 400 kVA [17]

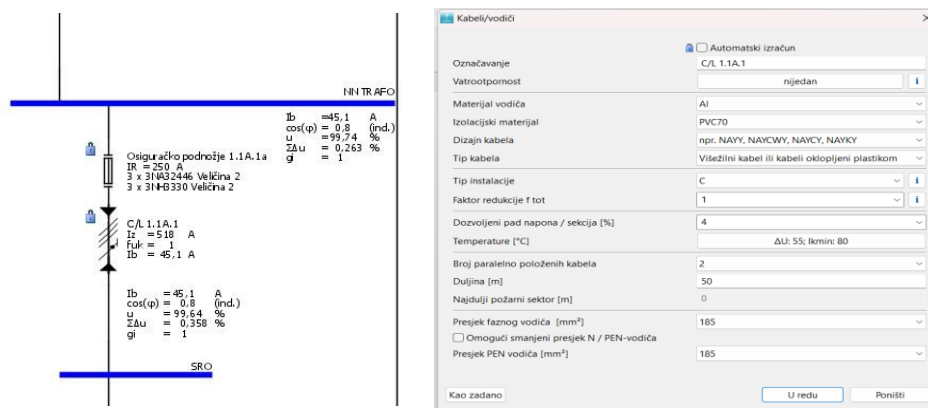
Njegova je funkcija povezivanje najmanje dviju elektroenergetskih mreža različitih nazivnih napona (u ovom slučaju, 10 kV i 0,4 kV mreže). Za potrebe simulacije ispunjena su prazna polja u kojima se definira transformator s točno određenim vrijednostima (slika 4.9.). Neki od parametara jesu: nazivna snaga, prijenosni omjer, grupa spoja, napon kratkog spoja, gubici kratkog spoja, gubici praznog hoda, hlađenje (ugradnja ventilatora) itd.

Parametar	Vrijednost
Označavanje	Transformator 1.1A.1
Proizvođač	SIEMENS
Proizvod / Tip	GEAFOL
Vektorska grupa	Dyn5
Ventilator ugrađen	Ne
Nazivna snaga $S_n$ [kVA]	400
Nazivni napon kratkog spoja $u_k$ [%]	4
Gubici kratkog spoja $P_k$ [kW]	4,8
Gubici praznog hoda $P_0$ [kW]	0,75

Slika 4.9.: Definiranje parametara transformatora



Nakon što je električna energija transformirana na 0,4 kV razinu, električna se energija prenosi od niskonaponskog razvoda TS-a do raznih potrošača EE-a, uključujući kućanstva, trgovine, industrijska postrojenja itd. Nadalje, niskonaponski razvod koji se nalazi u TS-u spaja se na NN kabele koji vode prema samostojećim razvodnim ormarima. Samostojeći razvodni ormari obično su postavljeni na otvorenom prostoru, najčešće uz cestu ili na rubu parcele. Veza između niskonaponske strane transformatora sa samostojećim razvodnim ormarom izvedena je NN kabelima, podzemnim ili nadzemnim putem. Za simulaciju je korišten izolirani aluminijski vodič, presjeka 185 mm<sup>2</sup>. Dodatni podaci o vodiču vidljivi su na slici 4.10.



Slika 4.10.: Podaci o vodiču između NN strane transformatora i SSRO-a

U ovoj simulaciji veza između samostojećeg razvodnog ormara i kućnog priključnog mjernog uređaja izvedena je kabelski, vodičima od bakra, presjeka 10 mm<sup>2</sup>. Kućni priključno-mjerni ormar električni je ormarić koji sadrži mjerne uređaje i zaštitne uređaje, kao što su brojila i glavni osigurači. Dimenzije mogu varirati, ali često su kompaktnog i robusnog dizajna kako bi se otklonila opasnost od vremenskog utjecaja ili vandalizma. Također, kućni priključni mjerni ormar ima brave da bi se spriječio neovlašteni pristup unutar ormarića. Montira se na vanjskim zidovima kuća ili na stupovima blizu kućanstva, a njegova točna lokacija ovisi o tehničkim i sigurnosnim zahtjevima operatora distribucijskog sustava.

Na kraju se kućni priključno-mjerni ormarić spaja pomoću niskonaponskih kabela na razvodni ormar NN instalacije objekta. Razvodni ormar centralna je točka za distribuciju električne energije prema različitim električnim uređajima, rasvjeti ili drugim razdjelnicima električne energije.

Odabir kabela između dionica vršio se upotrebom kataloga kabela kojim bi se odredilo maksimalno strujno opterećenje kabela za određeni presjek. Ukoliko je loše izvršen odabir kabela, program automatski pokazuje korisniku da je potrebno promijeniti tip kabela (presjek), odnosno da prekostrujna zaštita ne zadovoljava (slika 4.11.).

Stanje	Element	Poruka
?	Opće poruke i informacije	Projekt sadrži neprovjerene krugove
⊘	SRO	Prekostrujna zaštita ne zadovoljava. $I_z = 220A < I_2/1.45 = 275,862A$
⊘	SRO	Prekostrujna zaštita ne zadovoljava. $I_z = 220A < I_n = 250A$

Slika 4.11.: Program šalje automatsku poruku korisniku u slučaju krivog dimenzioniranja

## 4.2. Bilanca snage

U elektroenergetskom sustavu bilanca snage važan je postupak kojim se usklađuje proizvodnja električne energije s potrošnjom, a ključnu ulogu ima u održavanju energetske ravnoteže izvora električne energije, kao što su termoelektre, vjetroelektrane ili solarni paneli i svih potrošača električne energije. Primarni je cilj izbjeći nestašicu električne energije ili preopterećenje dijelova elektroenergetske mreže. Bilanca snage izvodi se radi sagledavanja potrebne priključne snage i definiranja priključka na mrežu operatora distribucijskog sustava de koncipiranja glavnog razvodnog sustava objekta.

U nastavku je opisan postupak izračuna bilance snage. U kućnoj instalaciji predviđeno je 15 strujnih krugova. Temeljem izračuna vršne snage koja se dobije umnoškom instalirane snage s faktorom istovremenosti odredit će se vršna snaga objekta.

Proračun će se provoditi za svaku dionicu mreže, a one su sljedeće:

1. razvodni ormar -----> parlafon
2. razvodni ormar -----> klima
3. razvodni ormar -----> dizalica topline
4. razvodni ormar -----> bojler
5. razvodni ormar -----> električna grijalica
6. razvodni ormar -----> perilica rublja
7. razvodni ormar -----> sušilica rublja
8. razvodni ormar -----> utičnica pećnica
9. razvodni ormar -----> ploča za kuhanje

10. razvodni ormar -----> perilica posuđa  
 11. razvodni ormar -----> utičnice soba  
 12. razvodni ormar -----> bazenska tehnika  
 13. razvodni ormar -----> rasvjeta sobe  
 14. razvodni ormar -----> rasvjeta dnevni i kuhinja

Nadalje, potrebno je zbrojiti sve instalirane snage potrošača električne energije u kućanstvu, a uz određivanje faktora istodobnosti koji se kreće u rasponu od 0 – 1, dođe se do ukupne vršne snage kućanstva. U tablici 4.1. prikazana je ukupna instalirana snaga u kućanstvu.

*Tablica 4.1.: Ukupna instalirana snaga u kućanstvu*

<b>Potrošači</b>	<b>Faktor istodobnosti</b>	<b>Instalirana snaga (kW)</b>
Parlafon	1	0,1
Klima	1	1
Dizalica topline	1	3
Bojler	1	2
El. grijalica	1	2
Perilica rublja	1	2
Sušilica rublja	1	2
Utičnica pećnica	1	2
Ploča za kuhanje	1	5
Perilica posuđa	1	2
Utičnica soba	1	1
Bazenska tehnika	1	1
Rasvjeta sobe	1	0,5
Rasvjeta dnevni i kuhinja	1	0,5
	<b>Ukupno:</b>	<b>24,1</b>

Kako bi se definirala priključna snaga kućanstva, potrebno je izvršiti proračun vršnog opterećenja i vršne struje. U tablici 4.2. nalaze se limitatori za jednofazni priključak prema kojima se vrši zakup električne energije krajnjeg potrošača.

Tablica 4.2.: Limitatori za jednofazni priključak

Limitatori za jednofazni priključak	
Nazivna struja (A)	Priključna snaga (kW)
20	4,6
25	5,75
32	7,36
40	9,2
50	11,5

Sljedeći je korak izračun ukupne vršne snage kućanstva koja je jednaka sljedećem izrazu:

$$P_{vr} = P_{Inst} * k \quad (4.1.)$$

pri čemu je:

- $P_{vr}$  – vršna snaga objekta,
- $P_{inst}$  – instalirana snaga objekta,
- $k$  – faktor istodobnosti.

Faktor istodobnosti pokazuje kolika je vjerojatnost da će potrošači svoju maksimalnu snagu upotrijebiti istovremeno, a ujedno i vrlo važan faktor koji je ključan za pravilno dimenzioniranje i planiranje elektroenergetskih mreža. Niska vrijednost ovog parametra ukazuje na to da korisnik neće uključivati puno potrošača s maksimalnom snagom u isto vrijeme, čime se dobiva puno manja vrijednost vršne snage. S druge strane, visoka vrijednost pokazuje da će korisnik istovremeno imati uključeno puno potrošača s maksimalnom snagom te će iznos vršne snage kućanstva biti veći. Samim tim će i zakup električne energije biti veći, odnosno skuplji. U praksi, vrlo je rijedak slučaj da je taj faktor jednak 1 ili 0 gdje korisnik ima uključene sve moguće potrošače s maksimalnom snagom ili, pak, da potrošači nikad ne koriste maksimalne snage istodobno. Uglavnom se tu radi o nekom broju u rasponu 0 – 1.

Na primjer, ako taj faktor iznosi 0,35, to znači da će 35 % ukupne potrošnje koristiti svoju maksimalnu snagu istovremeno. Kad se taj faktor pomnoži s ukupnom instaliranom snagom, 24,1 kW, dobije se ukupna vršna snaga koja iznosi 8,435 kW. To je predviđena vršna snaga objekta. Kad je taj podatak poznat, poželjno je izračunati vršnu struju koja mora biti manja od nazivne struje limitatora.

Vršna struja izračunava se prema sljedećem izrazu:

$$I_{vr} = \frac{P_{vr}}{U_f * \cos\varphi} \quad (4.2.)$$

Dobivena je vrijednost 38,6 A. Temeljem tog podatka usporede se vrijednosti limitatora za jednofazni priključak, a potom se uzima najbliža vrijednost limitatora prema izračunatoj. To je limitator nazivne struje 40 A i snage 9,2 kW, čime je određena priključna snaga za kućanstvo.

### 4.3. Zaštita od preopterećenja

Provjera zaštite od preopterećenja podrazumijeva određivanje najvećih iznosa struje opterećenja pojedinih vodova te time spriječili mogućnost da se električni uređaj, vodič ili neka druga komponenta opterećuju strujom većom od dopuštenih granica.

Prvi je korak određivanje trajno podnosive struje vodiča u odnosu na naznačenu struju osigurača ili podešenu struju prekidača koji se upotrebljavaju za zaštitu od preopterećenja. Tu moraju biti zadovoljeni sljedeći uvjeti:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (4.3.)$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z \quad (4.4.)$$

pri čemu je:

- $I_B$  – projektirana (pogonska) struja razmatranog strujnog kruga,
- $I_n$  – nazivna struja zaštitne naprave (struja osigurača ili podešena struja prekidača),
- $I_Z$  – trajno podnosiva struja vodiča,
- $I_2$  – struja koja osigurava učinkovitu proradu zaštitne naprave u dogovorenom vremenu.

$$I_2 = k * I_n \quad (4.5)$$

pri čemu je faktor k ovisan o vrsti zaštitnog elementa na sljedeći način:

- za rastalne osigurače:
  - $k = 2,1$  za  $I_n \leq 4$  A,
  - $k = 1,9$  za  $4A < I_n \leq 10A$ ,
  - $k = 1,75$  za  $10A < I_n \leq 25A$ ,
  - $k = 1,6$  za  $I_n > 25A$ ;
- za automatske osigurače:
  - $k = 1,45$ .

Nadalje, provjeravat će se svaki strujni krug i moraju biti zadovoljeni navedeni uvjeti što se vidi u tablici 4.3.

Tablica 4.3.: Odabir kabela i zaštita od preopterećenja za sve potrošače u kućanstvu i dionica KPMO - RO

Odabir kabela							Zaštita od preopterećenja				
Dionica	Odabrani kabel	Poprečni presjek opterećenih vodiča	Način polaganja	Trajno podnosiva struja kabela (bez korekcijskog faktora)	Struja opterećenja (vršna)	Nazivna struja zaštitnog uređaja	Faktor prorade zaštitnog uređaja	Struja prorade zaštitnog elementa		Uvjet $I_b \leq I_n \leq I_z$ zadovoljen	Uvjet $I_2 \leq 1,45 * I_z$ zadovoljen
		S (mm <sup>2</sup> )		I <sub>z</sub> (A)	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>n</sub> (A)	k	I <sub>2</sub>	1,45 I <sub>z</sub> (A)		
KPMO → RO	FG16 OR16 3x 16	16	B2	91	40	80	1,6	128	131,9	da	da
RO → Parlafon	PP-Y 3x1,5	1,5	C	19,5	0,457	6	1,45	8,7	28,27	da	da
RO → Klima	PP-Y 3x2,5	2,5	C	27	4,576	16	1,45	23,2	39,15	da	da
RO → DT	PP-Y 3x2,5	2,5	C	27	13,73	20	1,45	29	39,15	da	da
RO → bojler	PP-Y	2,5	C	27	9,15	16	1,45	23,2	39,15	da	da
RO → el. grijalica	PP-Y 3x2,5	2,5	C	27	9,15	16	1,45	23,2	39,15	da	da
RO → perilica rublja	PP-Y 3x2,5	2,5	C	27	9,15	16	1,45	23,2	39,15	da	da
RO → sušilica rublja	PP-Y 3x2,5	2,5	C	27	9,15	16	1,45	23,2	39,15	da	da
RO → pećnica	PP-Y 3x2,5	2,5	C	27	9,15	16	1,45	23,2	39,15	da	da
RO → ploča za kuhanje	PP-Y 3x4	4	C	36	22,88	32	1,45	46,4	52,2	da	da
RO →perilica posuđa	PP-Y 3x2,5	2,5	C	27	9,15	16	1,45	23,2	39,15	da	da

RO → utičnice soba	PP-Y 3x2,5	2,5	C	27	4,576	16	1,45	23,2	39,15	da	da
RO → bazenska tehnika	PP-Y 3x2,5	2,5	D	29	4,576	16	1,45	23,2	39,15	da	da
RO → rasvjeta sobe	PP-Y 3x1,5	1,5	C	19,5	2,28	10	1,45	14,5	28,27 5	da	da
RO → rasvjeta dnevni i kuhinja	PP-Y 3x1,5	1,5	C	19,5	2,28	10	1,45	14,5	28,27 5	da	da

Iz tablice 4.3. vidljivo je da su zadovoljeni svi odabrani presjeci kabela.

#### 4.4. Proračun pada napona

Proračun pada napona tehnički je proračun koji pokazuje koliki se iznos napona na putu od izvora do potrošača „izgubi“. On je jedan od pokazatelja kvalitete električne energije nekog korisnika distribucijske mreže. Postoji nekoliko razloga zbog kojih je potrebno držati pad napona unutar propisanih granica, a oni uključuju:

- učinkovitost mreže – smanjenje napona uzrokuje nedovoljnu količinu električne energije za rad potrošačkih uređaja čime se utječe na učinkovitost i performanse samih uređaja, smanjenjem pada napona potrošači dobivaju stabilan napon koji je pogodan za pravilan rad,
- sigurnost mreže – ukoliko se pojavi veliki pad napona dolazi do nestabilnosti u mreži koje izazivaju pregrijavanje, kvar opreme ili čak požar,
- ekonomičnost – ekvivalent gubitku napona jest gubitak električne energije, što dovodi do povećane potrošnje električne energije koja pridonosi povećanju troškova električne energije za krajnje korisnike,
- planiranje i dizajn elektroenergetske mreže – proračun pada napona ima ključnu ulogu u planiranju i dizajniranju elektroenergetske mreže jer se pomoću njega određuje optimalna konfiguracija TS-a, vodiča i drugih elemenata u mreži,

- kvaliteta napajanja električnih uređaja – primjerice, uređaji koji se koriste u medicini ili u nekoj industriji zahtijevaju stabilan napon odgovarajuće vrijednosti kako bi se osigurao pravilan rad uređaja.

Pad napona svih vodova kontroliran je i sukladan s normom HRN HD 60364-5-52: 2012. Pad napona između početka instalacije opreme i potrošača ne smije biti veći od 3 % nazivnog napona instalacije za rasvjetu i 6 % za ostala trošila, a računa se prema sljedećim izrazima:

$$\text{a) trofazni sustav: } u = \frac{100 * l * P}{\kappa * U_l^2 * S} \quad (4.6.) \quad \text{b) jednofazni sustav: } u = \frac{100 * 2l * P}{\kappa * U_f^2 * S} \quad (4.7.)$$

pri čemu je:

- $u$  – pad napona (%),
- $l$  – duljina voda (m),
- $P$  – snaga tereta (W),
- $U_f$  – fazni napon (V),
- $U_l$  – linijski napon (V),
- $S$  – presjek vodiča (mm<sup>2</sup>),
- $K$  – specifična vodljivost materijala (Sm/mm<sup>2</sup>).

Prva je dionica između niskonaponske strane transformatora i samostojećeg razvodnog ormara. Postavljen je kabel od aluminija, presjeka 185 mm<sup>2</sup> i duljine 50 m (slika 4.12.).

Parametar	Vrijednost
Označavanje	C/L 1.1A.1
Vatrootpornost	nijedan
Materijal vodiča	Al
Izolacijski materijal	PVC70
Dizajn kabela	npr. NAVY, NAVCWY, NAVCY, NAVKY
Tip kabela	Visežilni kabel ili kabeli oklopljeni plastikom
Tip instalacije	C
Faktor redukcije f tot	1
Dozvoljeni pad napona / sekcija [%]	4
Temperature [°C]	ΔU: 55; klimir: 80
Broj paralelno položenih kabela	2
Duljina [m]	50
Najdulji požarni sektor [m]	0
Presjek faznog vodiča [mm <sup>2</sup> ]	185
Presjek PEN vodiča [mm <sup>2</sup> ]	185

Slika 4.12.: Odabir kabela dionica mreže NN trafo – SSRO



Koristeći navedenu formulu za pad napona u jednofaznom sustavu započinje postupak izračuna pada napona.

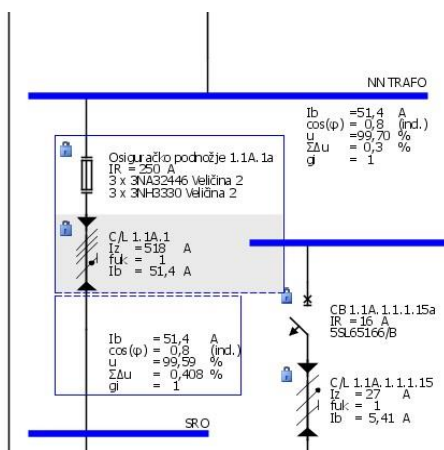
Pad napona računa se temeljem vršne snage koja iznosi 8435 W za ovu jednofaznu instalaciju. Specifična vodljivost određena je materijalom vodiča od koje je izrađen. Uvrstivši taj iznos i napon od 230 V u formulu dobiven je pad napona:

$$u = \frac{100 \cdot 2 \cdot 50 \cdot 8435}{56 \cdot 230^2 \cdot 185} = 0,1539 \%$$

Ovaj pad napona zbraja se s padom napona na transformatoru koji iznosi 0,3 %. Formula glasi:

$$\Delta u = \Delta u_1 + \Delta u_2 \quad (4.8.)$$

Zbrajajući pad napona na NN kabelu koji povezuje NN razvod TS-a i SSRO, a koji iznosi 0,1539 %, i pad napona na transformatoru dobiva se ukupni pad napona od 0,4539 %. Dobiveni rezultat približno je isti kao i u programu Simaris, a iznosi 0,408 % (slika 4.13.).



Slika 4.13.: Pad napona na dionici NN transformator - SSRO

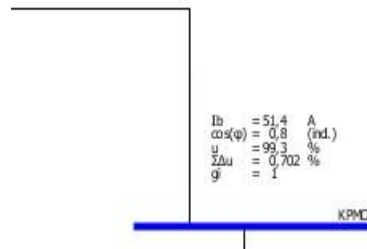
Druga dionica koja je promatrana u mreži jest od samostojećeg razvodnog ormara do kućnog mjerno-priključnog ormarića. Veza je izvedena izoliranim vodičem od bakra, presjeka 16 mm<sup>2</sup> i duljine 12 m. Pad napona izračunat je na sljedeći način:

$$\Delta u_3 = \frac{100 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 8435}{56 \cdot 230^2 \cdot 16} = 0,427 \%$$

Pad napona dalje se zbraja s prethodnim koji je iznosio 0,408 % te ukupan pad napona iznosi:

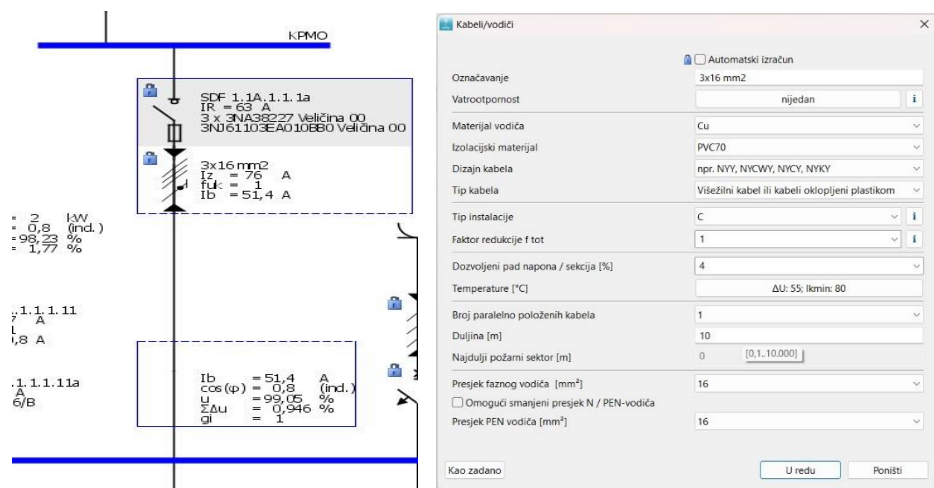
$$\Delta u = \Delta u_{12} + \Delta u_3 = 0,835 \%$$

Uspoređujući s dobivenim padom napona u simulaciji koja iznosi 0,702 %, uočena je mala razlika (slika 4.14.).



Slika 4.14.: Pad napona dionica SSRO – KPMO

Treća dionica koja je promatrana u simuliranoj mreži je ona između kućnog mjerno-priključnog ormarića i razvodnog ormara. Za kabelsku vezu korišten je izolirani vodič od bakra, presjeka 16 mm<sup>2</sup> i duljine 10 m (slika 4.15.).



Slika 4.15.: Odabir kabela za dionicu KPMO – razvodni ormar

Postupak je identičan, kao i u prethodnim koracima. Prvo se uvrštavaju odgovarajući parametri u formulu za izračun pada napona:

$$\Delta u_4 = \frac{100 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 8435}{56 \cdot 230^2 \cdot 16} = 0,3559 \%$$

Ukupni pad napona kod krajnjih potrošača dobiva se zbrajanjem prethodnih padova napona prema sljedećem izrazu:

$$\Delta u = \Delta u_{123} + \Delta u_4 = 1,19 \%$$

Pad napona na toj dionici u simulaciji iznosi 0,946 %. Zadnjih 14 dionica odnosi se na udaljenost između potrošača i razvodne ploče. Postupak je isti, kako je i ranije objašnjeno. Ukupni pad napona na kraju mreže dobiva se zbrajanjem pojedinih dionica mreže.

*Tablica 4.4.: Prikaz dionica razvodni ormar - krajnji potrošači*

Dionica	Poprečni presjek voda S (mm <sup>2</sup> )	Specifična vodljivost, K, Sm/mm <sup>2</sup>	Duljina, l, (m)	Snaga tereta, P, (W)	Napon U, (V)	Pad napona u %
RO - parlafon	1,5	56	10	100	230	0,045
RO - klima	1,5	56	16	1000	230	0,432
RO - dizalica topline	2,5	56	12	3000	230	0,972
RO - bojler	2,5	56	17	2000	230	0,918
RO - el. grijalica	2,5	56	14	2000	230	0,756
RO - perilica rublja	2,5	56	10	2000	230	0,540
RO - sušilica rublja	2,5	56	13	2000	230	0,702
RO - pećnica	2,5	56	13	3000	230	1,053
RO - ploča za kuhanje	4	56	15	5000	230	1,266
RO - rasvjeta sobe	1,5	56	10	500	230	0,225
RO – rasvjeta dnevni i kuhinja	1,5	56	16	500	230	0,36
RO - perilica posuđa	2,5	56	16	2000	230	0,864
RO – utičnice soba	2,5	56	12	1000	230	0,324
RO – bazenska tehnika	2,5	56	25	1000	230	0,675

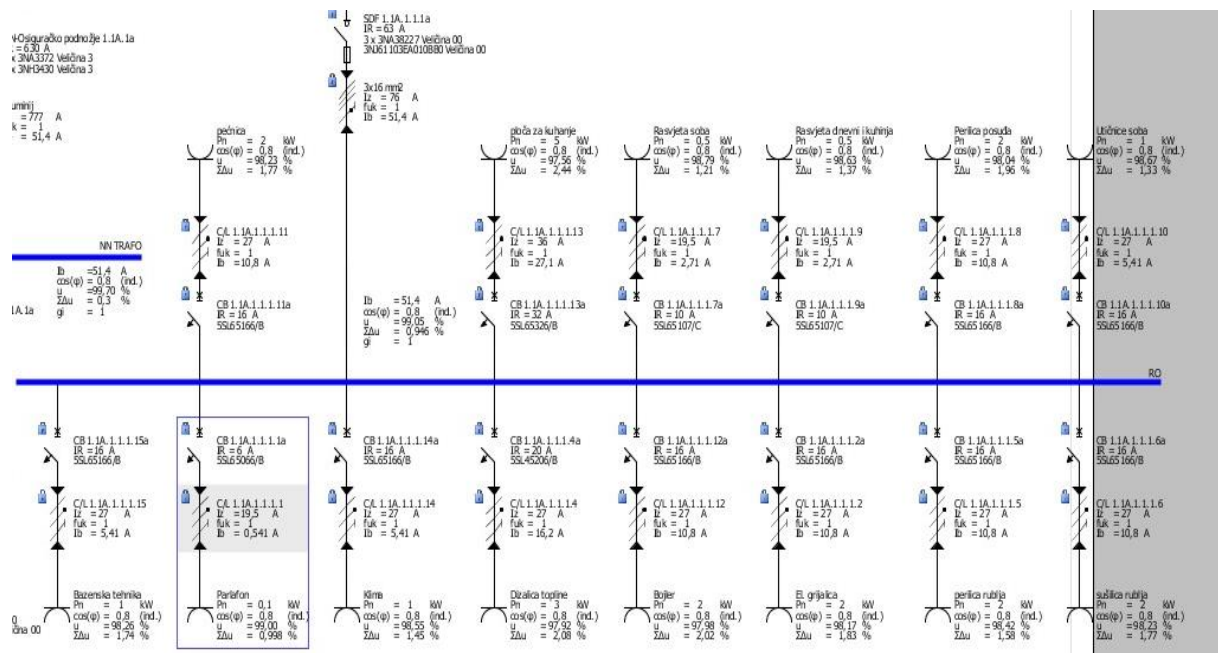
Pri projektiranju NN instalacija mora se uzeti u obzir dozvoljeni pad napona u niskonaponskim mrežama i instalacijama koji za strujne krugove rasvjete iznosi 3 %, dok za

ostale strujne krugove iznosi 5 % kod napajanja iz NN mreže. U slučaju napajanja direktno iz transformatorske stanice dozvoljeni pad napona za strujne krugove rasvjete iznosi 5 %, dok za ostala trošila iznosi 8 %.

Prema tome, maksimalni pad napona kod krajnjih potrošačkih čvorišta u mreži mora biti manji ili jednak dozvoljenom padu napona prema sljedećem izrazu:

$$\Delta u_{\%max} \leq \Delta u_{\%dozv} \quad (4.9.)$$

Po ovom kriteriju, projektirana je mreža zadovoljila za svih četrnaest razmatranih čvorišta, odnosno pad napona u svim čvorištima manji je od dozvoljenog pada napona (slika 4.16.).



Slika 4.16.: Pad napona kod krajnjih potrošača u mreži

## 4.5. Proračun kratkog spoja

Niskonaponski izvodi štite se od preopterećenja i kratkog spoja osiguračima/prekidačima koji se postavljaju na početku svakog izvoda. Zaštitni su uređaji su:

- a) topljivi osigurači s vremenski zavisnom zaštitnom karakteristikom, gdje razlikujemo niskoučinske ( $I_n = 200 \text{ A}$ ) i visokoučinske ( $I_n = 2000 \text{ A}$ ) osigurače,
- b) prekidači ili sklopke s vremenski zavisnom zaštitnom karakteristikom, primjerice bimetalna karakteristika, te vremenski nezavisnom zaštitnom karakteristikom, kao što je elektromagnetski okidač,
- c) prekidači ili sklopke s kontrolnim članom u nul-vodiču.

Kratki spoj označava električni kvar koji nastaje u neposrednom dodiru dvaju vodiča ili točaka s različitim električnim potencijalima. Glavni uzroci nastanka kratkog spoja jesu: oštećenje izolacije, nepropisno spajanje vodiča, mehanička naprezanja, korozija ili vlažnost te oštećenje opreme.

Budući da se radi o jednofaznoj instalaciji, moguć je samo jednopolni kratki spoj. U nastavku je opisan postupak izračuna jednopolnog kratkog spoja na sabirnici kućnog priključnog mjernog ormara.

Zadani podaci o vodu koji se nalazi na visokonaponskoj strani transformatora su sljedeći:

$$R_1 = 0,281 \text{ m}\Omega$$

$$X_1 = 0,188 \text{ m}\Omega$$

$$l = 2 \text{ m}$$

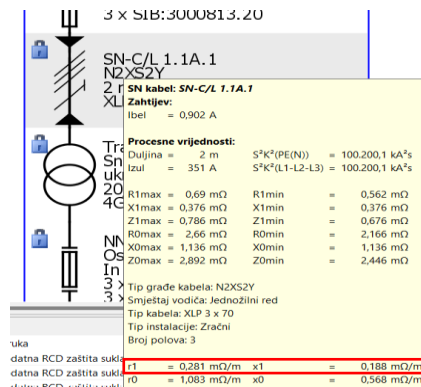
Izračun impedancije voda vrši se pomoću sljedećeg izraza:

$$Z_v = (R_1 + X_1) * l \quad (4.10.)$$

pri čemu su:

- $R_1$  – jedinični otpor voda,
- $X_1$  – jedinična reaktancija voda,
- $Z_v$  – impedancija voda.

Navedeni podaci bili su očitani pritiskom na srednjenaponski vod u mreži, što se može vidjeti i na sljedećoj slici (4.17.).



Slika 4.17.: Podaci o SN vodu

Kako bi dobivenu srednjenaponsku impedanciju voda preračunali na niskonaponsku razinu voda koristimo sljedeći izraz:

$$Z_{Dv1} = Z_{Iv1} = (0,562 * 10^{-3} + i 0,376 * 10^{-3}) * \left(\frac{0,4}{10}\right)^2$$

Dobije se impedancija voda koja iznosi  $8,992 * 10^{-7} + i 6,016 * 10^{-7} \Omega$  u direktnom i inverznom sustavu. Potrebno je izračunati impedanciju transformatora. Podaci koji su očitani pritiskom miša na element transformatora jesu: gubici kratkog spoja, nazivni napon kratkog spoja, nazivna snaga transformatora i nazivni napon.

$$P_{Cu} = 4,8 * 10^{-3} \text{ W}$$

$$S_{nT} = 400 \text{ kVA}$$

$$U_n = 400 \text{ V}$$

$$U_{kr} = 4\%$$

Zadani podaci uvrštavaju se u odgovarajuće formule. Za izračun djelatnog otpora transformatora koristi se izraz:

$$R_T = P_{Cu} * \left(\frac{U_{REF}}{S_{nT}}\right)^2 \quad (4.11.)$$

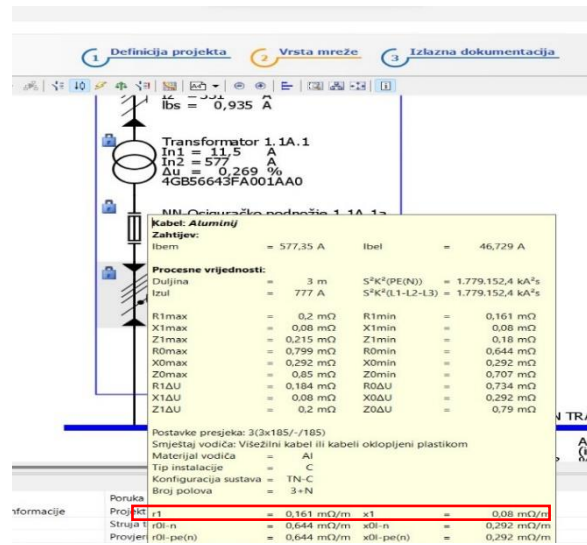
Dobije se djelatni otpor transformatora koji iznosi  $4,8 * 10^{-3} \Omega$ , nakon čega se izračunava reaktivni otpor transformatora prema izrazu:

$$X_T = \frac{u_{kr}}{100} * \frac{U_{REF}^2}{S_{nT}} \quad (4.12.)$$

Na taj se način dođe do vrijednosti impedancije transformatora koja je jednaka za sva tri sustava, što je vidljivo u sljedećem matematičkom izrazu:

$$Z_{Dt} = Z_{It} = Z_{Ot} = 4,8 * 10^{-3} + i 0,016 \Omega$$

Nadalje, izračunava se impedancija voda na niskonaponskoj strani transformatora prema očitanim podacima sa slike 4.18.



Slika 4.18.: Očitani podaci za izračun impedancije voda na NN strani trafosa

Ukupna impedancija mreže u direktnom sustavu dobiva se zbrajajući pojedine impedancije elemenata mreže prema sljedećem izrazu:

$$Z_{Duk} = Z_{Dv1} + Z_{Dt} + Z_{Dv2} + Z_{Dv3} + Z_{Dv4} = 0,035437 + i0,0213686 \Omega$$

Budući da su impedancije svih elemenata mreže u inverznom sustavu jednake onim u direktnom, nema potrebe posebno izvršiti izračun impedancija u inverznom sustavu. Prema tome, ukupna impedancija u inverznom sustavu jednaka je sljedećem izrazu:

$$Z_{Iuk} = Z_{Duk} = 0,035437 + i0,0213686 \Omega$$

Izračun impedancija pojedinih elemenata u nultom sustavu ekvivalentan je kao i za direktni i inverzni sustav, te se računa prema izrazu:

$$Z_0 = (R_0 + X_0) * I \quad (4.13)$$

Nadalje, izračunava se impedancija voda na visokonaponskoj strani transformatora prema očitanim podacima sa slike 4.19.

SN kabel: SN-C/L 1.1A.1			
<b>Zahtijev:</b>			
I <sub>bel</sub>	=	1,028 A	
<b>Procesne vrijednosti:</b>			
Duljina	=	2 m	S <sup>2</sup> K <sup>2</sup> (PE(N)) = 100,200,1 kA <sup>2</sup> s
Izul	=	351 A	S <sup>2</sup> K <sup>2</sup> (L1-L2-L3) = 100,200,1 kA <sup>2</sup> s
R1max	=	0,69 mΩ	R1min = 0,562 mΩ
X1max	=	0,376 mΩ	X1min = 0,376 mΩ
Z1max	=	0,786 mΩ	Z1min = 0,676 mΩ
R0max	=	2,66 mΩ	R0min = 2,166 mΩ
X0max	=	1,136 mΩ	X0min = 1,136 mΩ
Z0max	=	2,892 mΩ	Z0min = 2,446 mΩ
Tip građe kabela: N2XS2Y			
Smještaj vodiča: Jednožilni red			
Tip kabela: XLP 3 x 70			
Tip instalacije: Zračni			
Broj polova: 3			
r1	=	0,281 mΩ/m	x1 = 0,188 mΩ/m
r0	=	1,083 mΩ/m	x0 = 0,568 mΩ/m

Slika 4.19.: Očitani podaci za izračun impedancije voda na VN strani trafoa

Na isti način se računaju impedancije preostalih elemenata u elektroenergetskoj mreži koje su prikazane u tablici 4.5.

Tablica 4.5.: Vrijednosti impedancija u nultom sustavu

Elementi u mreži	Impedancija $Z_0$ ( $\Omega$ )
Vod na VN strani trafoa	$3,4656 * 10^{-6} + i 1,8176 * 10^{-6}$
Transformator	$4,8 * 10^{-3} + i 0,016$
Vod na NN strani trafoa	$1,932 * 10^{-3} + i 8,76 * 10^{-4}$
Vod (NN strana trafoa – SSRO)	$0,0322 + i 0,0146$
Vod (SSRO – KPMO)	$0,088392 + i 4,536 * 10^{-3}$

Na kraju, potrebno je zbrojiti sve impedancije u mreži u direktnom, inverznom i nultom sustavu kako bi dobili ukupnu impedanciju mreže prema sljedećem izrazu:

$$Z_{UK} = Z_D + Z_I + Z_0 \quad (4.14.)$$

pri čemu su:

- $Z_{UK}$  – ukupna impedancija mreže,
- $Z_D$  – ukupna impedancija u direktnom sustavu,
- $Z_I$  – ukupna impedancija u inverznom sustavu,
- $Z_0$  – ukupna impedancija u nultom sustavu.



Ukupna impedancija iznosi  $0,3519826 + i0,0237938 \Omega$ , a nakon toga se računa struja jednopolnog kratkog spoja prema sljedećem izrazu:

$$I_{K1} = \frac{\sqrt{3} * U_b}{Z_{UK}} \quad (4.15.)$$

pri čemu je:

- $I_{K1}$  – struja jednopolnog kratkog spoja,
- $U_b$  – bazni napon mreže,
- $Z_{UK}$  – ukupna impedancija mreže.

Tablica 4.6.: Usporedba dobivenih vrijednosti  $I_{pKS}$  na sabirnicama KPMO i RO

	<b>Struja jednopolnog kratkog spoja (kA) – na „ruke“</b>	<b>Struje jednopolnog kratkog spoja - alat Simaris</b>
Sabirnica KPMO	$3,353 \angle - 17,6797^\circ$	$2,992 \angle - 17,918^\circ$
Sabirnica RO	$1,9638 \angle - 3,8672^\circ$ kA	$1,866 \angle - 12,001^\circ$

Proračun kratkog spoja je vrlo bitan zbog dimenzioniranja elemenata te podešenja zaštite u zaštitnim uređajima. Prema tome, promatraju se minimalne struje kratkog spoja kako bi zaštita mogla detektirati kvar i potom uputiti nalog za isključenje. Osim toga, imaju vrlo važnu ulogu u pogledu sigurnosti, pouzdanosti i učinkovitosti električne instalacije prilikom projektiranja niskonaponske instalacije. Na taj način se osigurava adekvatan odabir opreme u mreži kako bi se izbjegla oštećenja.

#### 4.6. Kriterij dosega zaštite

Ovaj kriterij ukazuje na to da osigurač mora djelovati na kratki spoj u bilo kojoj točki u elektroenergetskoj mreži, odnosno NN instalaciji. Kako bi osigurač proradio, njegova proradna struja mora biti manja od najmanje vrijednosti struje jednopolnog kratkog spoja u mreži, pri čemu je potrebno uzeti u obzir više parametara.

Uvjet koji određuje da li je kriterij dosega zaštite zadovoljen definiran je sljedećim izrazom:

$$I_{k1} \geq k * I_{os} \quad (4.16.)$$

pri čemu je:

- $I_{os}$  – nazivna proradna struja osigurača,
- $I_{k1}$  – izračunata struja jednopolnog kratkog spoja,
- $k$  – koeficijent sigurnosti koji iznosi 2,5 za rastalne osigurače, dok je za automatske prekidače jednak 1,25.

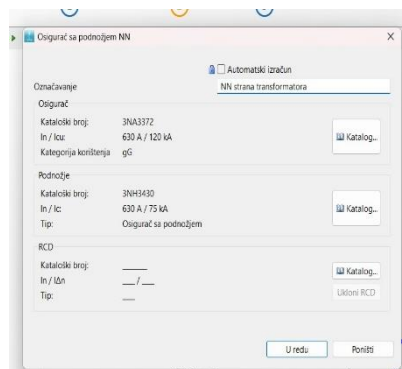
Provjera se vrši prema minimalnoj jakosti struje jednopolnog kratkog spoja i nazivnoj struji osigurača prema izrazu:

$$I_{1ks} = \frac{0,95 * \sqrt{3} * U_l}{2 * (Z_{d(VN)} + Z_{dt} + Z_{d(NN \text{ mreža})}) + Z_{ot} + Z_{o(NN \text{ mreža})}} \quad (4.17.)$$

pri čemu je:

- $U_l$  – nazivni linijski napon transformatora,
- $Z_{d(VN)}$  – direktna impedancija transformatora gdje je reducirana na 0,4 kV,
- $Z_{d(NN \text{ mreža})}$  – direktna impedancija niskonaponskog voda do mjesta kratkog spoja,
- $Z_{ot}$  – nulta impedancija transformatora,
- $Z_{o(NN \text{ mreža})}$  – nulta impedancija niskonaponskog voda do mjesta kratkog spoja.

Za sabirnicu NN strana transformatora postavljen je rastalni osigurač nazivne struje 630 A (slika 4.20.).



Slika 4.20.: Predviđen rastalni osigurač koji štiti NN stranu transformatora

$$I_{1ks} = \frac{0,95 * \sqrt{3} * 400}{2 * (8,99 * 10^{-7} + i6,016 * 10^{-7} + 4,8 * 10^{-3} + i0,016 + 4,83 * 10^{-4} + i2,4 * 10^{-3}) + 4,8 * 10^{-3} + i0,016 + 1,9 * 10^{-3} + i8,7 * 10^{-4}}$$

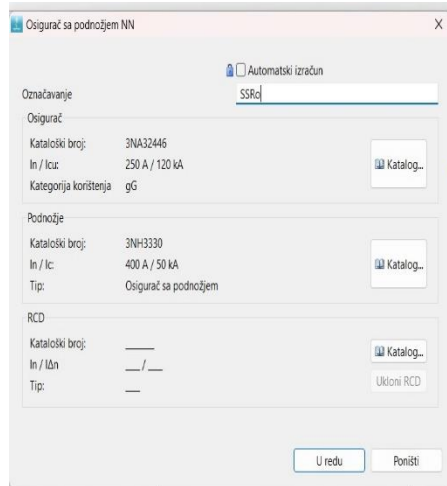
$$I_{1ks} = 12584,399 \text{ A}$$

Provjera:  $12584,399 \geq 2,5 * 630$

$$12584,399 \geq 1575$$

Uvjet je zadovoljen.

Za sabirnicu SSRO-a predviđen je rastalni osigurač nazivne struje 250 A (slika 4.21.).



Slika 4.21. Rastalni osigurač za dionicu NN strana transformatora i SSRO-a

$$I_{1ks} = \frac{0,95 * \sqrt{3} * 400}{2 * (8,99 * 10^{-7} + i6,016 * 10^{-7} + 4,8 * 10^{-3} + i0,016 + 8,533 * 10^{-3} + i4,24 * 10^{-3}) + 4,8 * 10^{-3} + i0,016 + 0,034 + i0,015}$$

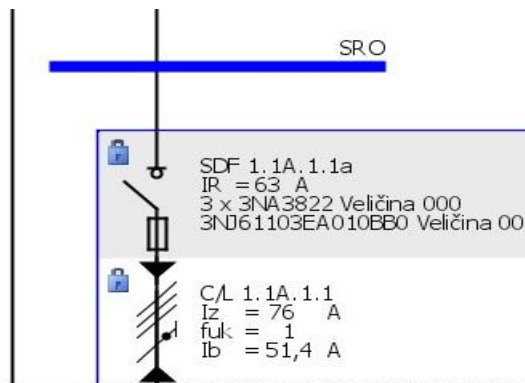
$$I_{1ks} = 6759,786 \text{ A}$$

Provjera:  $6759,786 \geq 2,5 * 250$

$$6759,786 \geq 500$$

Uvjet je zadovoljen.

Za sabirnicu KPMO-a predviđen je rastalni osigurač nazivne struje 63 A (slika 4.22.).



Slika 4.22. Rastalni osigurač dionica SSRO – KPMO

$$I_{1ks} = \frac{0,95 * \sqrt{3} * 400}{2 * (8,99 * 10^{-7} + i 6,016 * 10^{-7} + 4,8 * 10^{-3} + i 0,016 + 0,034984 + i 5,36 * 10^{-3}) + 4,8 * 10^{-3} + i 0,016 + 0,122 + i 0,02}$$

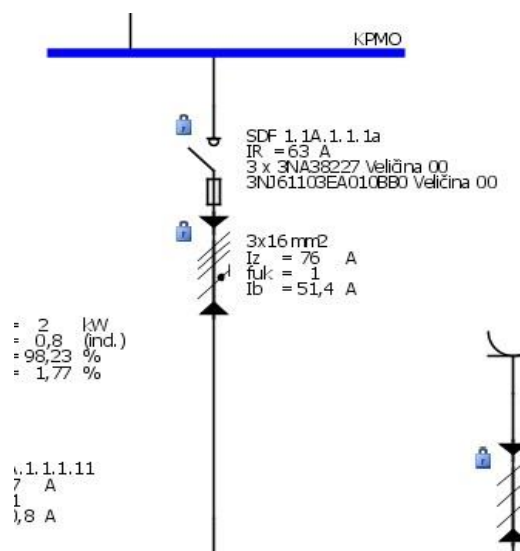
$$I_{1ks} = 2973,211 \text{ A}$$

Provjera:  $2973,2 \geq 2,5 * 63$

$2973,2 \geq 157,5$

Uvjet je zadovoljen.

Za sabirnicu RO-a predviđen je rastalni osigurač nazivne struje 63 A (slika 4.23.).



Slika 4.23. Rastalni osigurač na dionici KPMO – RO

$$I_{1ks} = \frac{0,95 * \sqrt{3} * 400}{2 * (8,99 * 10^{-7} + i 6,016 * 10^{-7} + 4,8 * 10^{-3} + i 0,016 + 0,0534 + i 6,308 * 10^{-3}) + 4,8 * 10^{-3} + i 0,016 + 0,1077 + i 0,019}$$

$$I_{1ks} = 2624,39 \text{ A}$$

Provjera:  $2624,39 \geq 2,5 * 63$

$2624,39 \geq 157,5$

Uvjet je zadovoljen.

Nadalje, bit će izvršena provjera doseg zaštite za dva najnepovoljnija strujna kruga. Jedno će trošilo biti utičnica, udaljena 30 m od razvodnog ormara i presjeka 2,5 mm<sup>2</sup>, a drugo će trošilo biti rasvjeta koja je udaljena 25 m i presjeka 1,5 mm<sup>2</sup>.

Za strujni krug utičnica jednopolna struja kratkog spoja iznosi 422,41 A  $\angle - 3,68^\circ$ , što je veće od 20 A, a koja je dobivena umnoškom faktora 1,25 i nazivne struje prekidača za taj strujni krug od 16 A.

Za strujni krug rasvjete jednopolna struja kratkog spoja iznosi 354,416 A  $\angle - 2,025^\circ$ , što je veće od 12,5 A, a koja je dobivena umnoškom faktora 1,25 i nazivne struje prekidača za taj strujni krug od 10 A.

#### 4.7. Kriterij termičke čvrstoće

Proračun termičke čvrstoće vrši se temeljem struje kratkog spoja. Time se dokazuje da će osigurač prekinuti struju kratkog spoja prije nego što bi došlo do taljenja vodiča. Provjera termičke čvrstoće za odabrani osigurač vrši se najčešće za prvu i zadnju točku dionice voda.

Prema tome, za svaku točku u mreži mora biti zadovoljen uvjet:

$$t_{OS} = t_{dop} \leq a * \left( \frac{S}{I_{K1MAX}} \right)^2 \quad (4.18)$$

pri čemu je:

- $S$  – presjek vodiča (mm<sup>2</sup>),
- $I_{K1}$  – struja jednopolnog kratkog spoja (kA),
- $a$  – konstanta ovisna o materijalu i izvedbi voda,

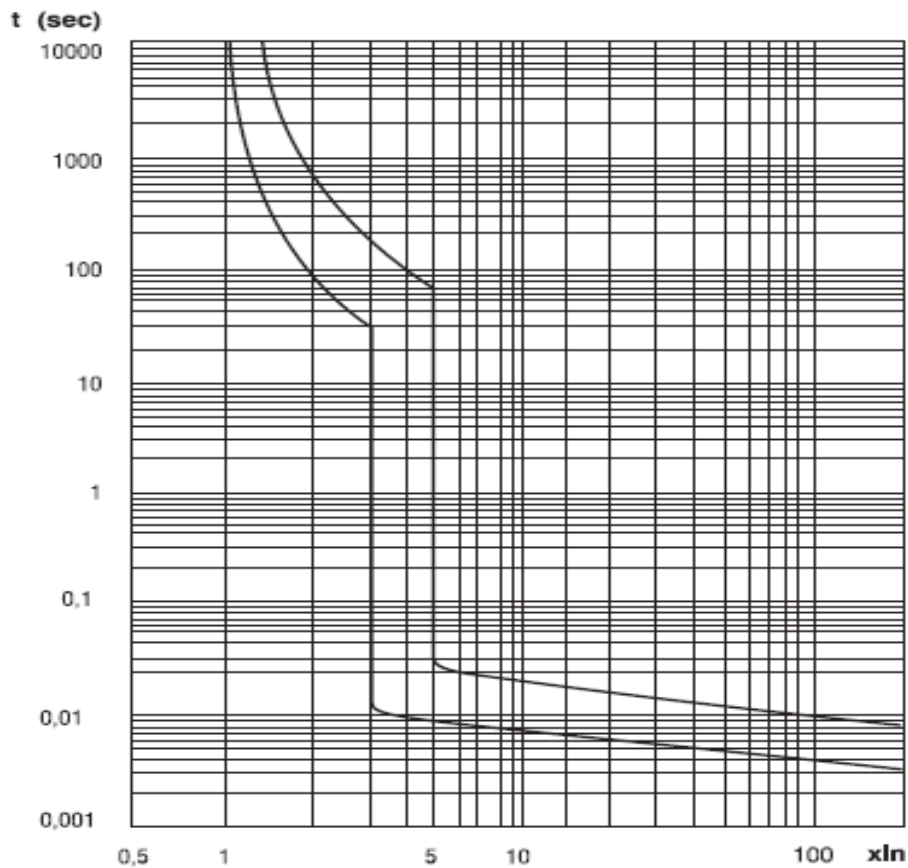
Bakreni vodiči  $a = 0,013 - 0,018$

Aluminijski vodiči  $a = 0,006 - 0,007$

- $t_{OS}$  – vrijeme pregaranja osigurača; očitava se iz karakteristike pregaranja osigurača u ovisnosti o iznosu  $I_{k3}$  (s).

Definirani uvjet osigurava da vrijeme reagiranja osigurača u kratkom spoju bude manje od vremena potrebnog za taljenje vodiča pri kratkom spoju.

Koristeći navedeni uvjet započinje postupak provjere termičke struje kratkog spoja za svih četrnaest razmatranih čvorišta. Također, uz pomoć karakteristike okidanja osigurača očitavalo se vrijeme pregaranja osigurača (slika 4.24.). Na slici 4.24. vidljive su dvije krivulje okidanja osigurača karakteristika tipa A (lijevo) i tipa B (desno). Budući da su za zaštitu svih strujnih krugova na dionicama razvodni ormar – krajnji potrošači korišteni osigurači tipa B promatrala se samo desna krivulja.



Slika 4.24.: Karakteristika okidanja osigurača tipa A i B [18]

U slijedećoj tablici 4.7. prikazane su dobivene maksimalne vrijednosti struja jednopolnog kratkog spoja na dionici razvodni ormar - potrošači.

Tablica 4.7.: Maksimalne vrijednosti struja jednopolnog kratkog spoja - potrošači

Dionice mreže	$I_{klmax}$ (A)
RO - parlafon	518,56
RO - klima	804,75
RO - dizalica topline	990,13
RO - bojler	990,13
RO - el.grijalica	887,9
RO - perilica rublja	1118,7821
RO - sušilica rublja	936,25
RO - bazenska tehnika	565,95
RO - pećnica	936,25
RO - ploča za kuhanje	1165,29
RO - rasvjeta soba	780,68
RO - dnevni i kuhinja	536,62
RO - perilica posuđa	804,75
RO - utičnice soba	990,13

U nastavku biti će opisan postupak provjere vodiča s obzirom na struju kratkog spoja za prvi strujni krug RO – parlafon. Potrebno je voditi računa o materijalu vodiča od kojeg je izrađen. U ovoj niskonaponskoj instalaciji na dionici RO – krajnji potrošači predviđeni materijal za vodiče je bakar.

$$t_{OS} = t_{dop} \leq 0,013 * \left( \frac{1,5}{0,518} \right)^2$$

$$t_{OS} = t_{dop} \leq 0,1087 \text{ s}$$

Iz karakteristike struja – vrijeme automatskog osigurača karakteristike B, očitava se vrijeme taljenja za struju kratkog spoja od 518,56 A.

$$0,01 s \leq 0,1087s$$

Uvjet je zadovoljen.

Na isti način će se provjeriti za drugi strujni krug RO – klima. Uvrštavaju se vrijednosti prema izrazu:

$$t_{OS} = t_{dop} \leq 0,013 * \left(\frac{2,5}{0,804}\right)^2$$

$$t_{OS} = t_{dop} \leq 0,1254 s$$

$$0,013 s \leq 0,1254 s$$

Za ostale strujne krugove biti će prikazani vrijeme taljenja osigurača i dopušteno vrijeme trajanja kratkog spoja tablica 4.8.

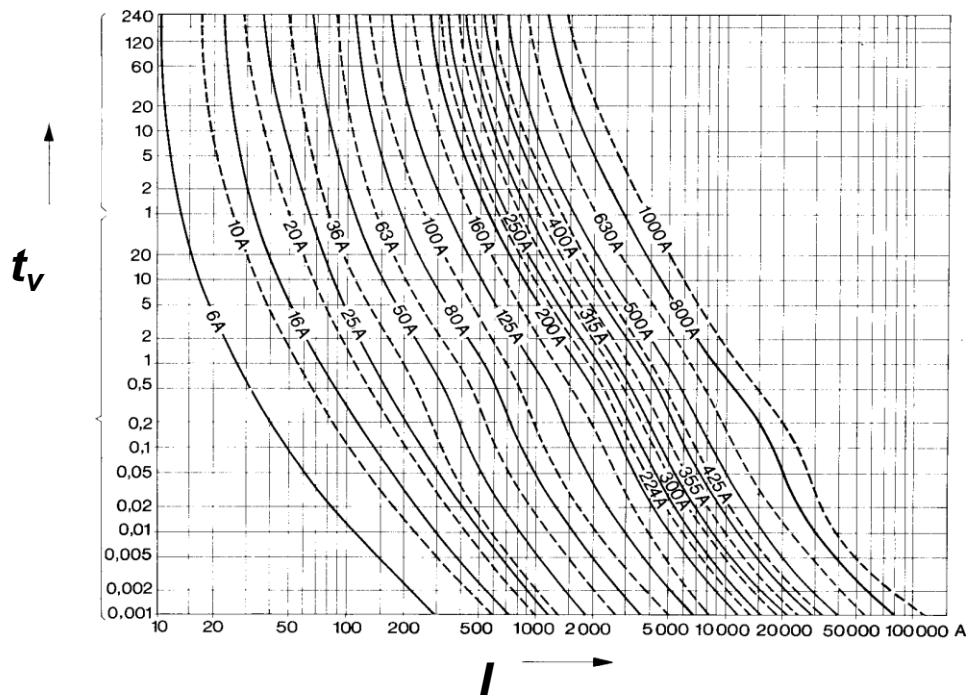
*Tablica 4.8.:Prikaz za ostale strujne krugove vrijeme taljenja osigurača i dopušteno vrijeme trajanja kratkog spoja*

<b>Dionice mreže</b>	<b>t<sub>os</sub></b>	<b>t<sub>dop</sub></b>
RO – dizalica topline	0,013	0,0828
RO - bojler	0,013	0,0828
RO - el. grijalica	0,014	0,103
RO - perilica rublja	0,015	0,065
RO - sušilica rublja	0,013	0,093
RO - bazenska tehnika	0,016	0,254
RO - pećnica	0,013	0,093
RO - ploča za kuhanje	0,016	0,1532
RO - rasvjeta soba	0,01	0,0479
RO - rasvjeta dnevni i kuhinja	0,013	0,102
RO - perilica posuđa	0,013	0,1254
RO - utičnice soba	0,017	0,0828

Sa tablice 4.8 je vidljivo da su zadovoljeni svi uvjeti.



Također, promatrat će se dionica mreže KPMO – RO. U ovom slučaju koristi se karakteristika struja – vrijeme za rastalne osigurače slika 4.25.



Slika 4.25. Strujno – vremenska karakteristika osigurača sa rastalnom niti

Za dionicu KPMO – RO struja jednopolnog kratkog spoja iznosi 2624,39 A. Na toj dionici je predviđen rastalni osigurač nazivne struje od 63 A. Sa karakteristike struja – vrijeme se očitava potrebno vrijeme taljenja osigurača.

$$t_{OS} = t_{dop} \leq 0,013 * \left( \frac{16}{2,624} \right)^2$$

$$t_{OS} = t_{dop} \leq 0,4833 \text{ s}$$

$$0,003 \text{ s} \leq 0,4833 \text{ s}$$

Uvjet je zadovoljen.

Ovaj proračun je jako bitan pri dizajniranju elektroenergetske mreže zbog točne provjere koja se odnosi na sposobnost elemenata ili opreme u mreži da podnose određene struje i temperature tijekom određenog vremenskog intervala bez znakova oštećenja.

## 5. IDEJNI PROJEKT NAPREDNE KUĆNE INSTALACIJE

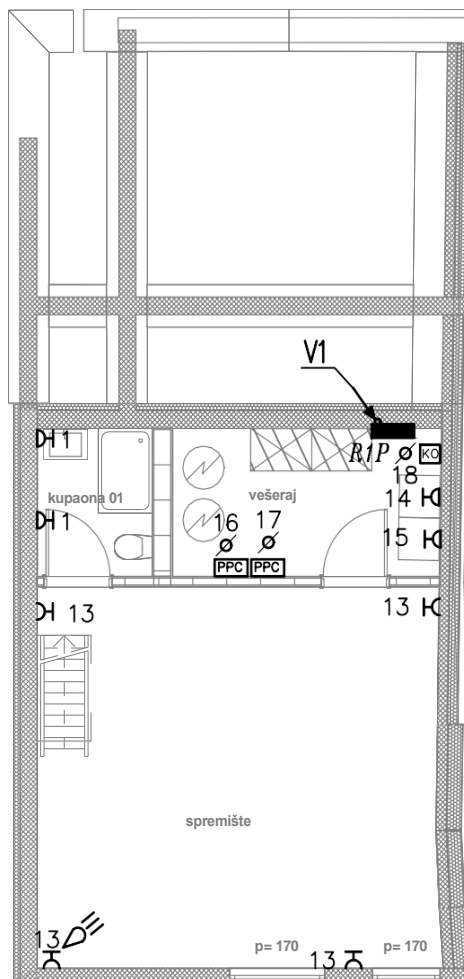
Izrada idejnog projekta napredne kućne instalacije predstavlja važnu komponentu koja iziskuje temeljito planiranje i integraciju različitih podsustava napredne kućne instalacije.

Gotovi idejni projekt označava tehnički dokument u kojem su vidljivi vizualni i tehnički okviri za implementaciju pametnih naprava, senzora, sustava za automatizaciju i različite tehnologije kojima se povezuju ti sustavi. Osnova su za realizaciju radova, montažu opreme te za postizanje mogućnosti koje su definirane tijekom detaljne analize potreba korisnika. Izrađuje se na temelju različitih kriterija.






Kriterije koje treba svaka napredna kućna instalacija zadovoljiti su:

1. Analiza potreba korisnika - utvrditi osnovne potrebe i želje korisnika
2. Struktura električne instalacije - pravilna raspodjela električnih komponenata u objektu poput utičnica, prekidača, kamera, senzora pokreta, alarmnih sustava itd.
3. Automatizacija - spajanje različitih podsustava napredne kućne instalacije te programiranje samog sustavu sukladno svakodnevnim aktivnostima korisnika
4. Energetska učinkovitost - parametar koji predstavlja što veću uštedu električnu energije korištenjem senzora za praćenje potrošnje i visokoučinkovitih uređaja te ugradnja solarnih panela
5. Tehnologije za povezivanje različitih električnih komponenata - Zigbee, Z-Wave, Bluetooth, Wi-Fi...
6. Sigurnost i privatnost - šifriranje podataka te postavljanje sigurnosnog sustava u cilju zaštite od provala, primjerice šifrirane brave
7. Dokumentacija - tehnička dokumentacija o svim tehničkim proračunima, specifikacijama i uputstvima za izvedbu instalacije

U nastavku će biti prikazani nacrti napredne kućne instalacije jedne obiteljske kuće prema kojima izvođači radova mogu ugraditi sve komponente na željeno mjesto korisnika. Objekt ima tri etaže: podrum, prizemlje i kat. Osim tlocrta, biti će prikazana blok shema spajanja elektroničke komunikacijske mreže, antenskog sustava, parlafonske instalacije, videonadzora i protuprovala.



LEGENDA:

-  ALARMNI SENZOR POKRETA
-  ALARMNA TIPKOVNICA
-  UNUTARNJA SIRENA
-  VANJSKA SIRENA
-  KAMERA VIDEONADZORA VANJSKA MONTAŽA

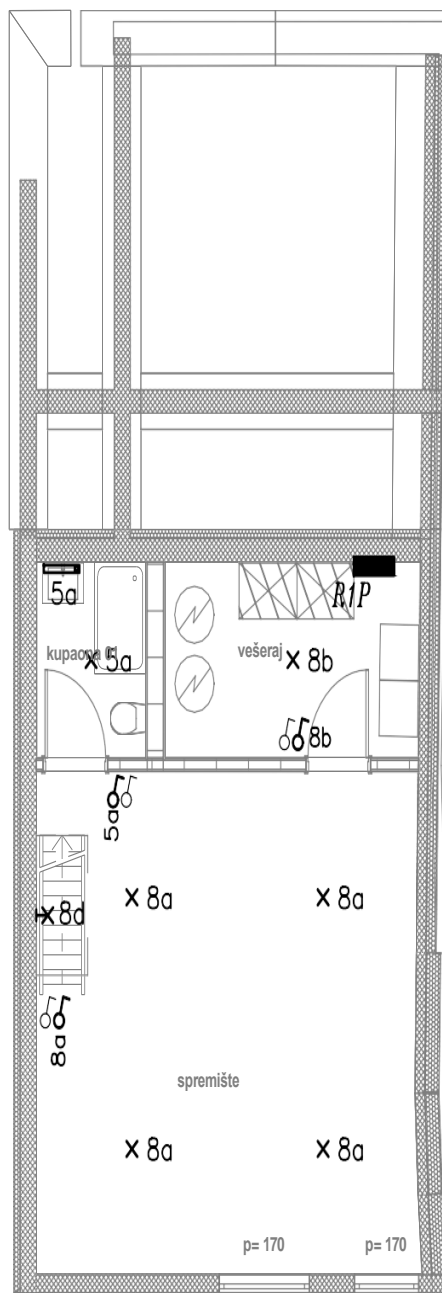
**NAPOMENA**

- utičnica i el. grijalica u sanitarijama moraju bit udaljeni min. 60 cm od uspravne plohe koja sljedi rub kade
- za instalaciju slabe struje vidi blok sheme
- u sve se kableske kanale polaže traka FeZn 25x4 mm

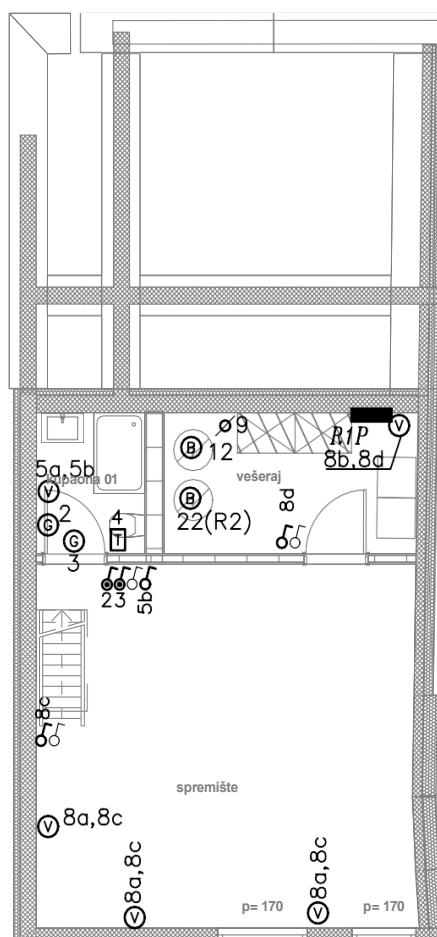
**VERTIKALA V1:**  
2xP/FG+P/F-YG u korugiranoj PEHD  $\varnothing$ 40

**VERTIKALA V2:**  
korugirana PEHD  $\varnothing$ 40  
FG160R16 3x16 ukorugiranoj PEHD  $\varnothing$ 50

Slika 5.1.: Elektroinstalacija snage i slabe struje - podrum



Slika 5.2.: Elektroinstalacija rasvjete - podrum

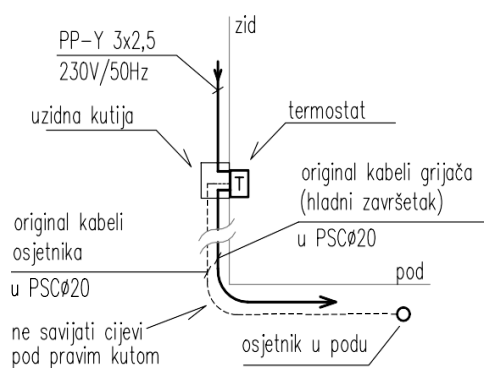


### PODNO GRIJANJE:

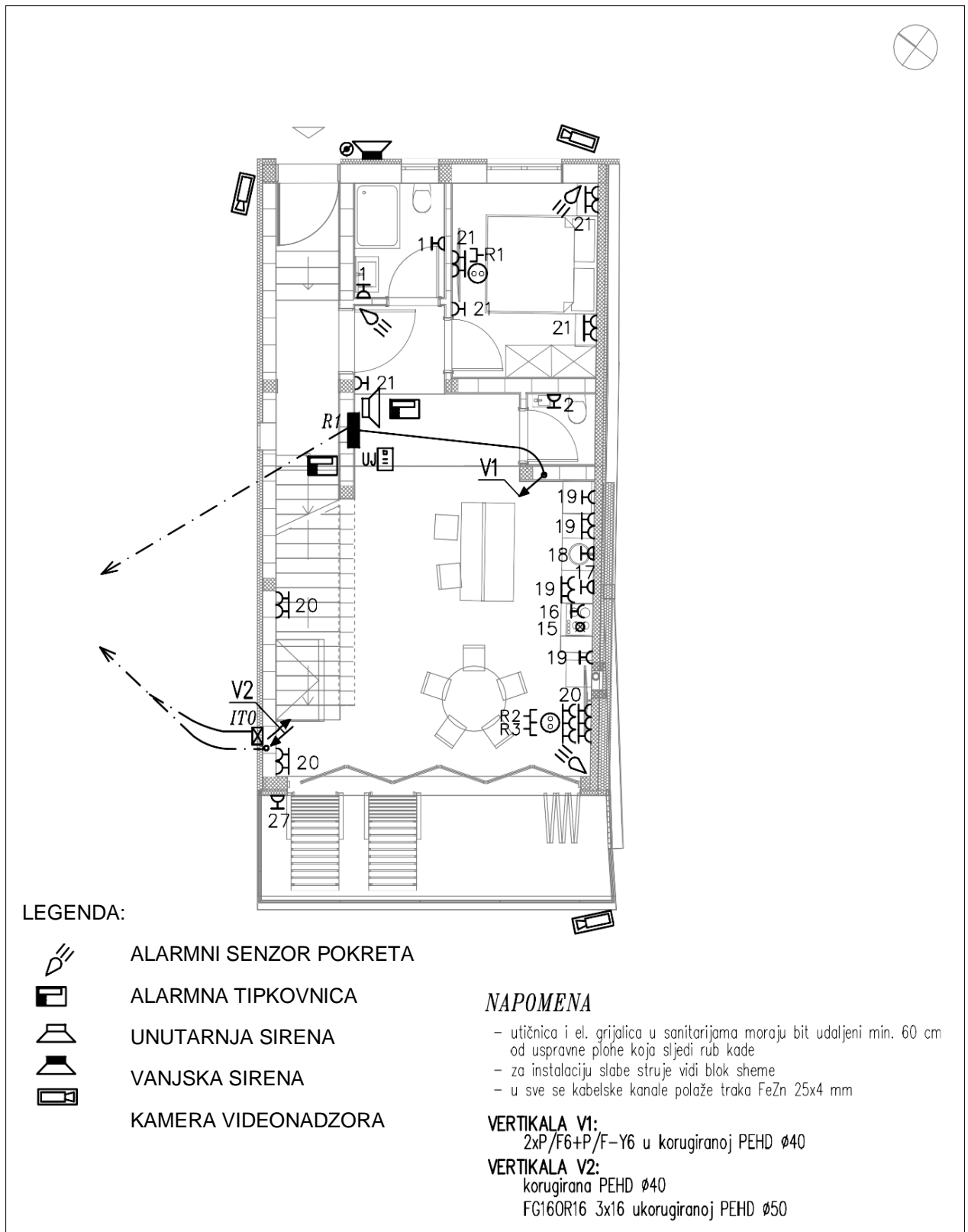
- termostat podnog grijanja pojedinog prostora spojen je se osjetnikom koji je smješten unutar samog poda zajedno sa grijačim elementima
- termostat je postavljen na uzidnoj kutiji u kojoj se vrši spajanje na kabel osjetnika
- u istoj se kutiji vrši i spajanje završnih kabela grijača na el. mrežu (preko termostata)

### **NAPOMENA – STROJARSKA OPREMA**

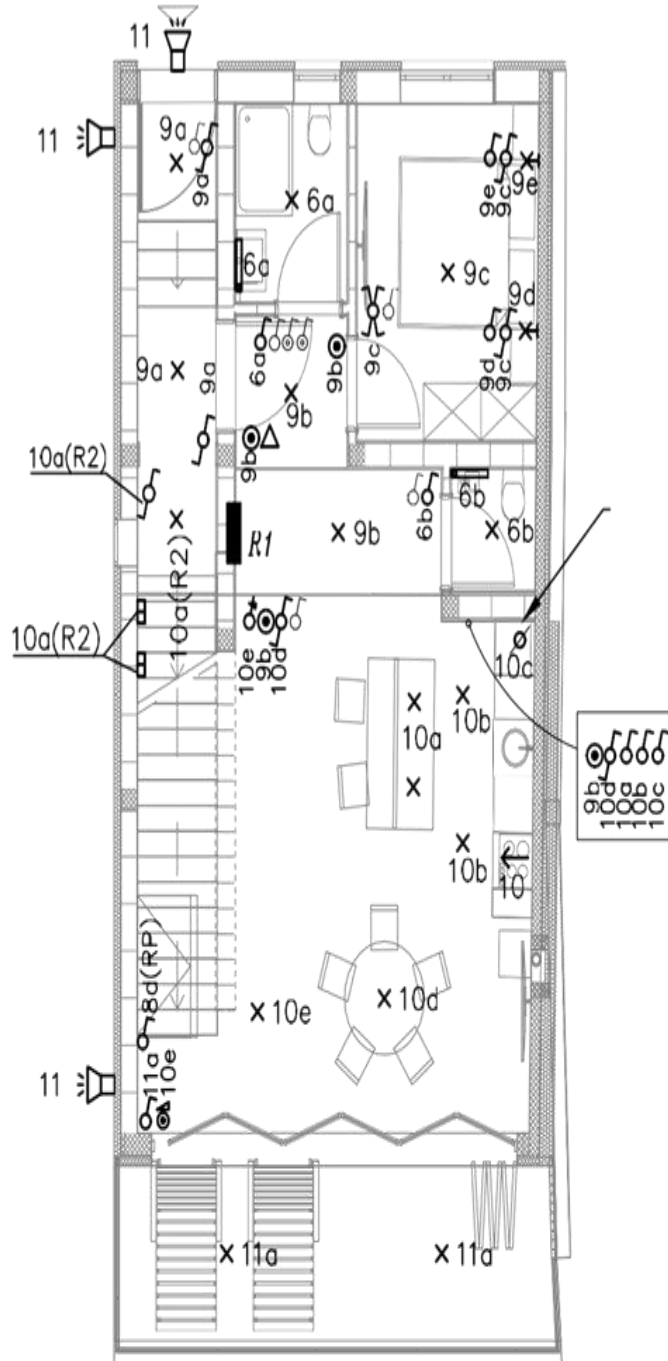
- unutarnje jedinice klime spajaju se na pripadnu vanjsku jedinicu kabelom FG160R16 4x1,5



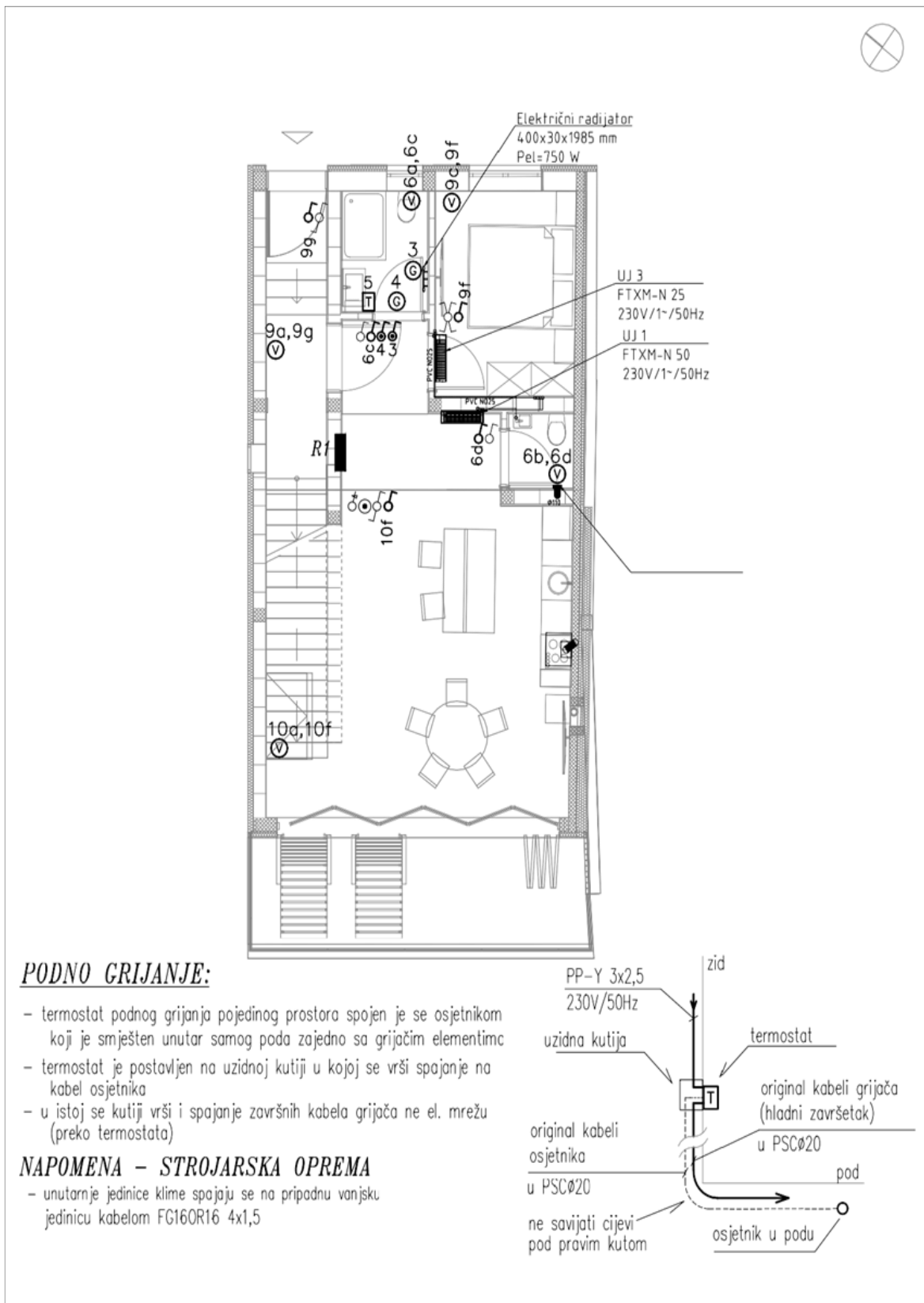
Slika 5.3.: Elektroinstalacija uz termotehniku - podrum



Slika 5.4.: Elektroinstalacija snage i slabe struje - prizemlje

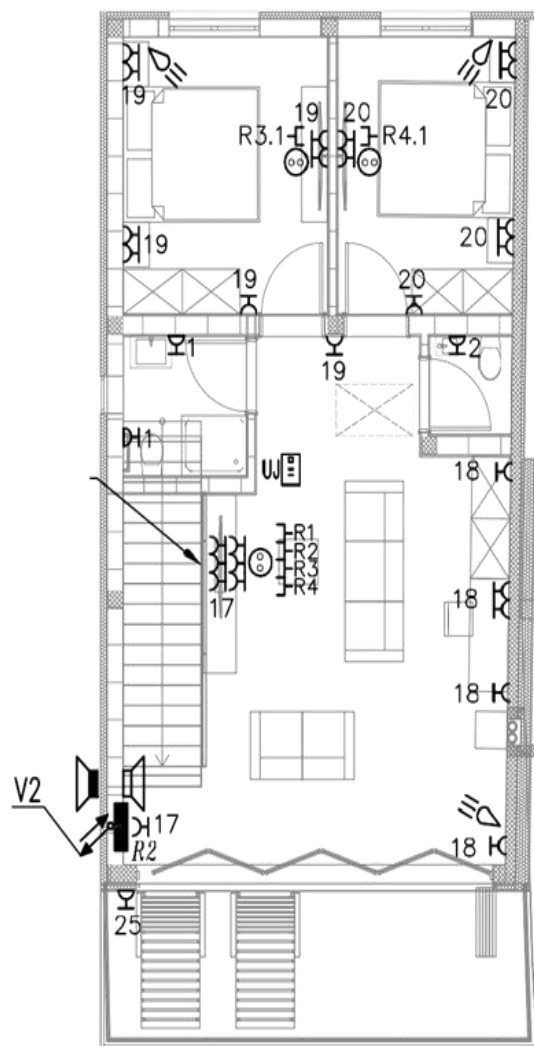


Slika 5.5.: Elektroinstalacija rasvjete - prizemlje



Slika 5.6.: Elektroinstalacija uz termotehniku - prizemlje





LEGENDA:



ALARMNI SENZOR POKRETA



ALARMNA TIPKOVNICA



UNUTARNJA SIRENA



VANJSKA SIRENA



KAMERA VIDEONADZORA

NAPOMENA

- utičnica i el. grijalica u sanitarijama moraju bit udaljeni min. 60 cm od uspravne plohe koja sljedi rub kade
- za instalaciju slabe struje vidi blok sheme
- u sve se kableske kanale polaže traka FeZn 25x4 mm

VERTIKALA V1:

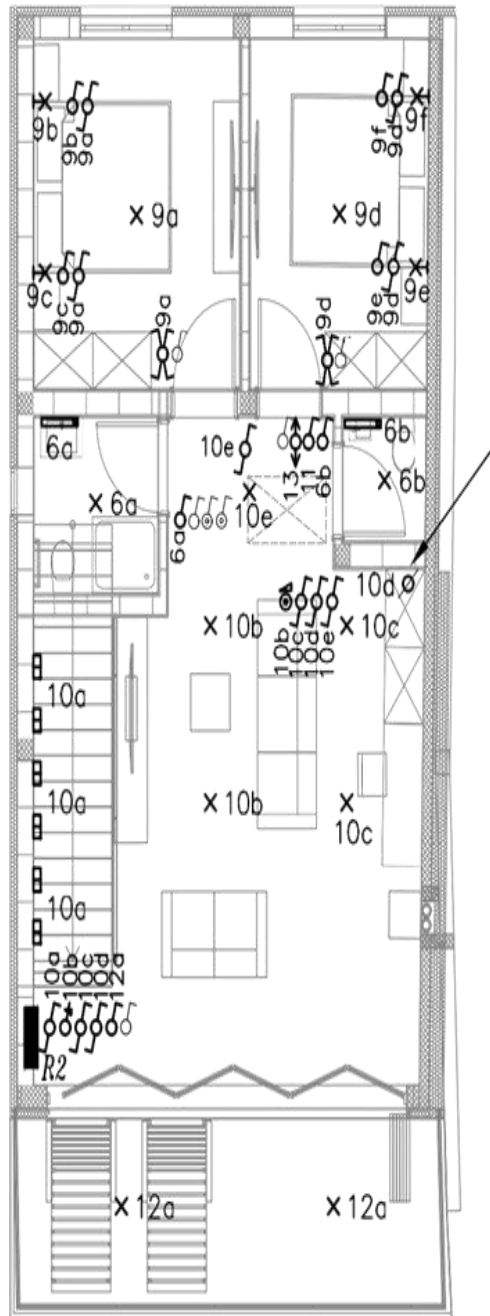
2xP/F6+P/F-Y6 u korugiranoj PEHD Ø40

VERTIKALA V2:

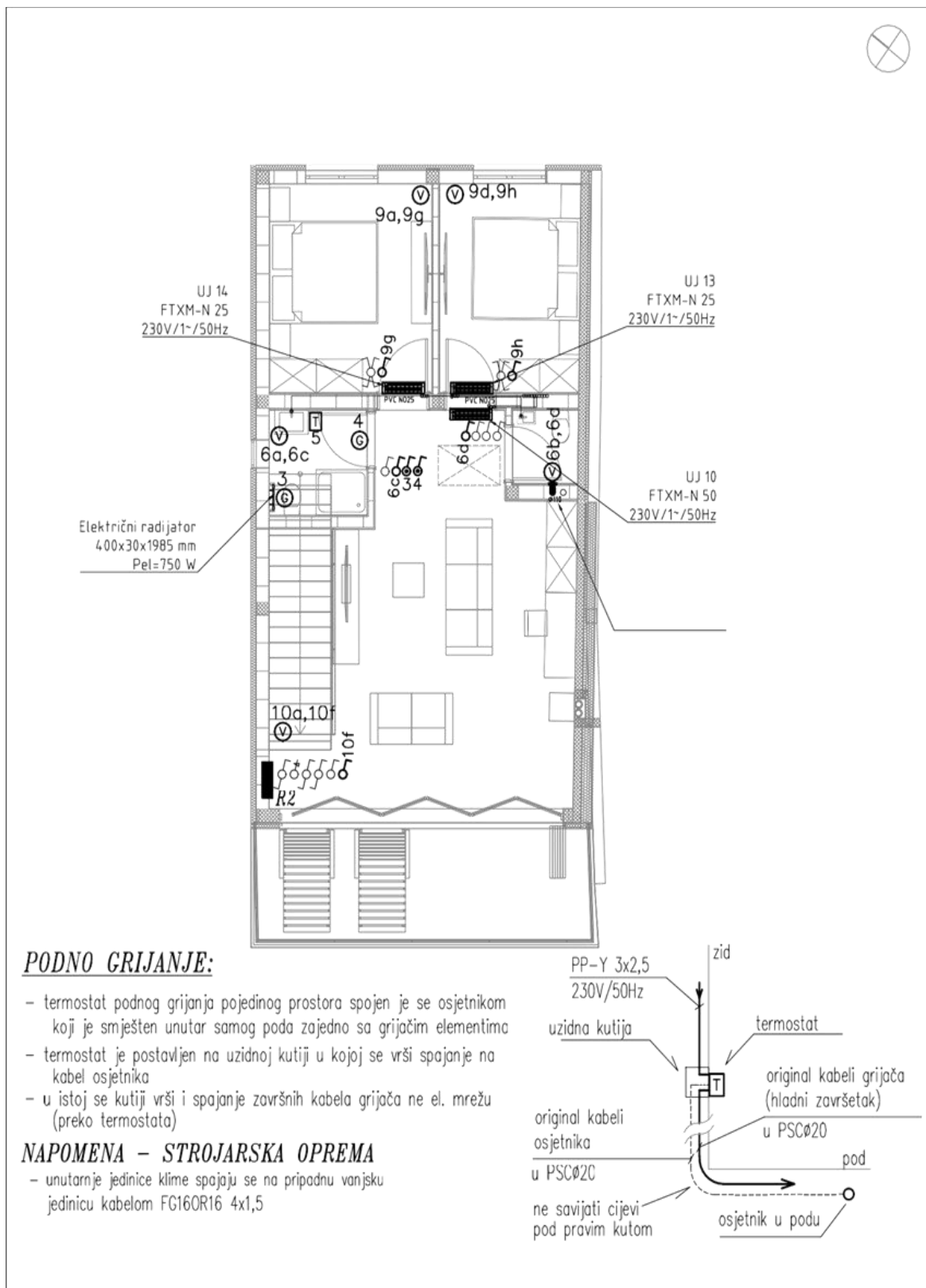
korugirana PEHD Ø40

FG16OR16 3x16 ukorugiranoj PEHD Ø50

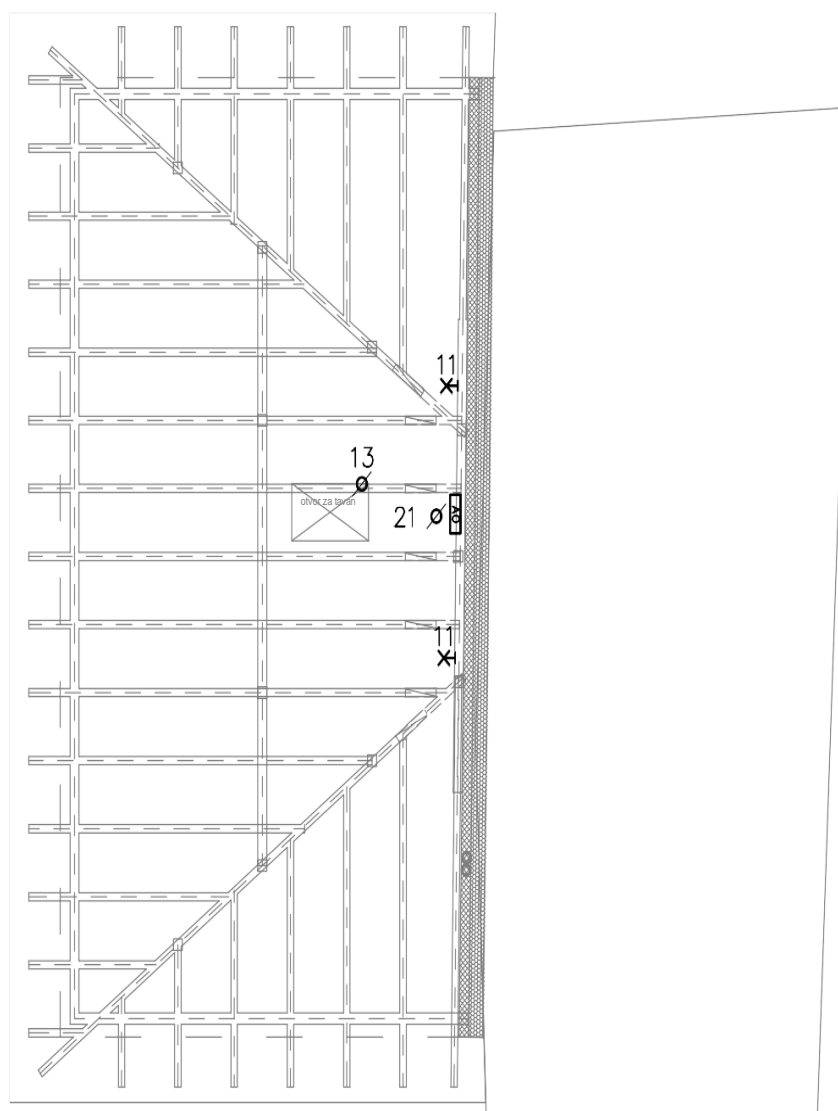
Slika 5.7.: Elektroinstalacija snage i slabe struje - kat



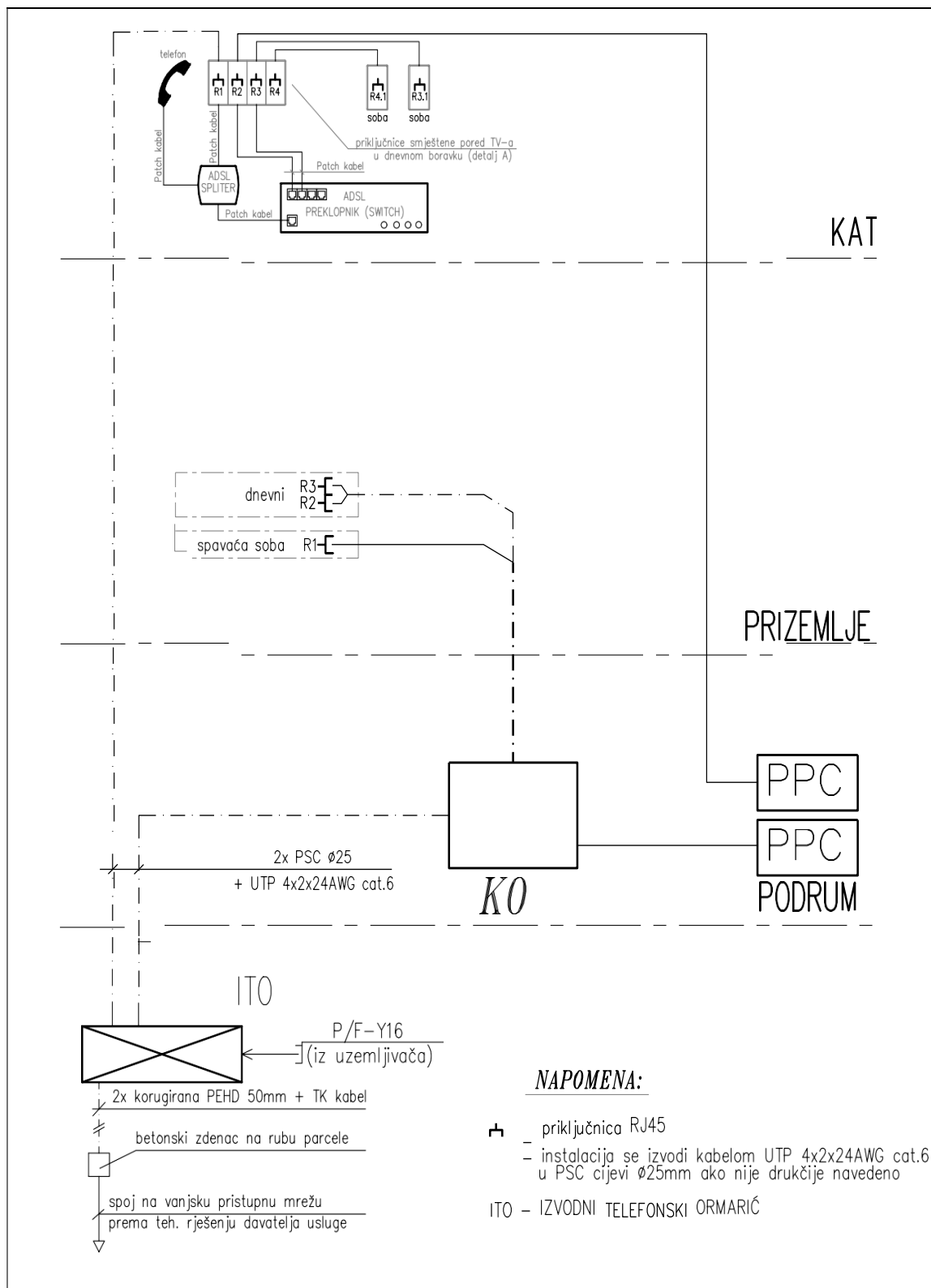
Slika 5.8.: Elektroinstalacija rasvjete - kat



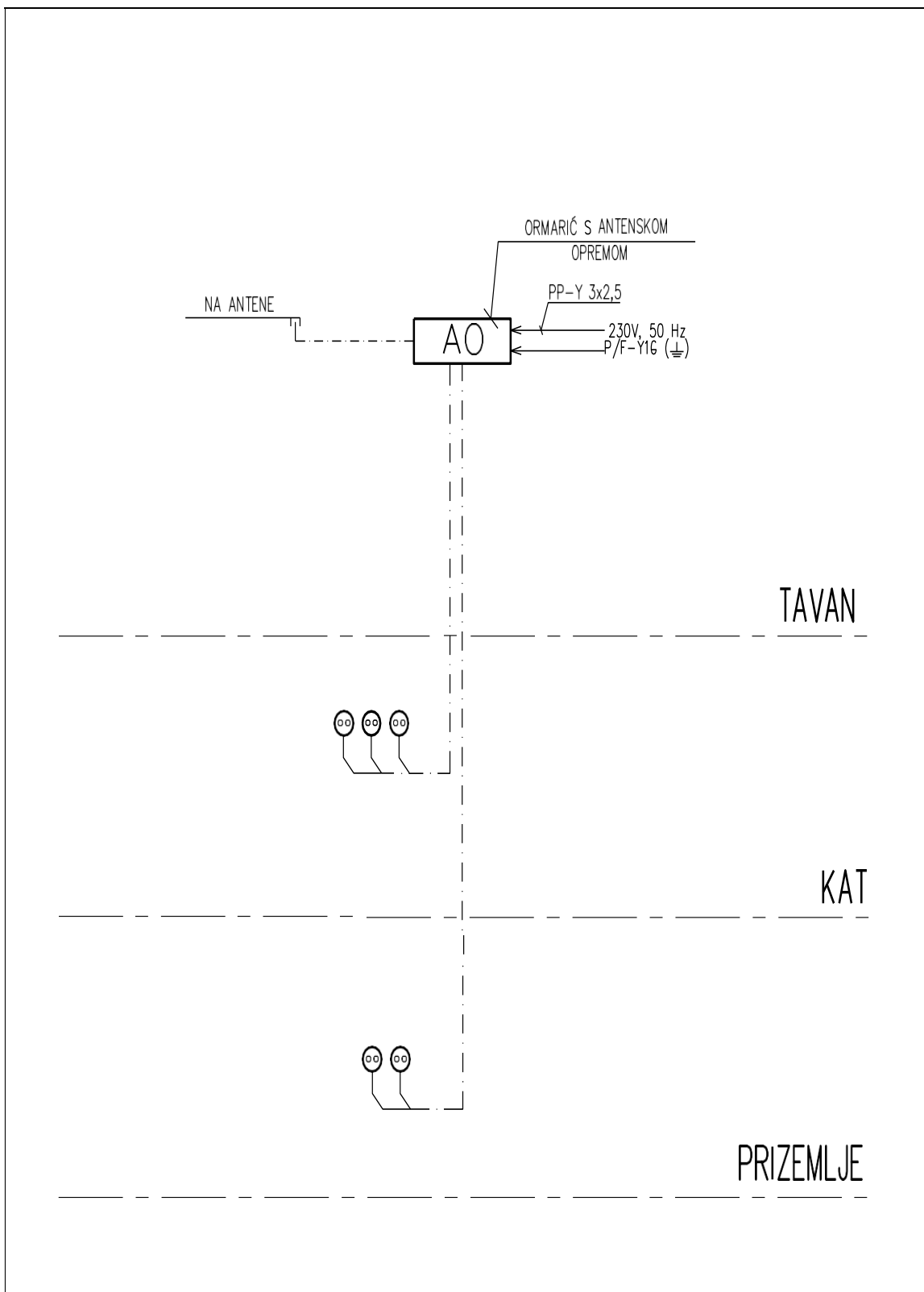
Slika 5.9.: Elektroinstalacija uz termotehniku - kat



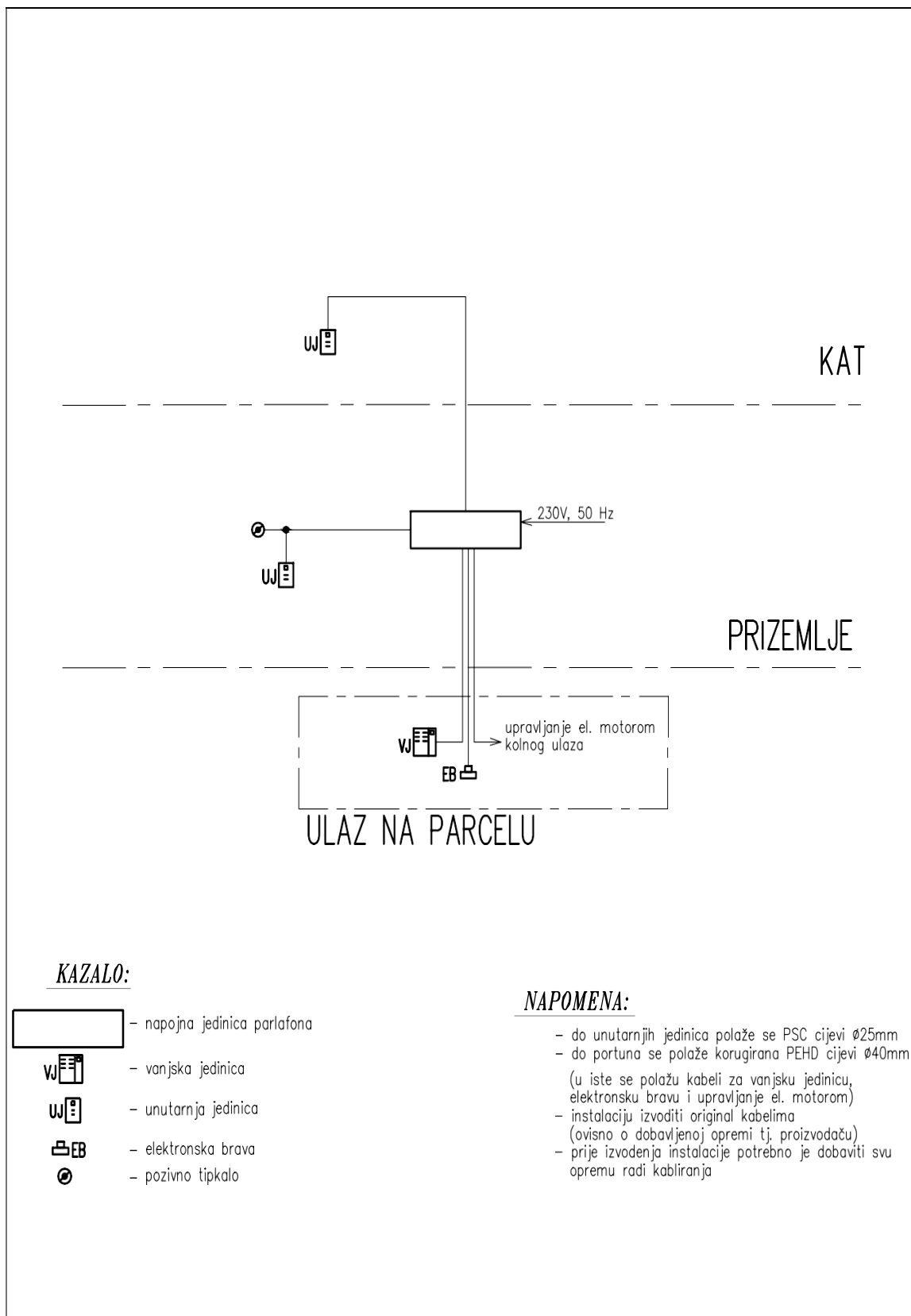
Slika 5.10.: Elektroinstalacija snage, slabe struje i rasvjete - tavan



Slika 5.11.: Blok shema elektroničke komunikacijske mreže





Slika 5.12.: Blok shema antenske instalacije





**KAZALO:**

 - napajna jedinica parlafona

 - vanjska jedinica

 - unutarnja jedinica

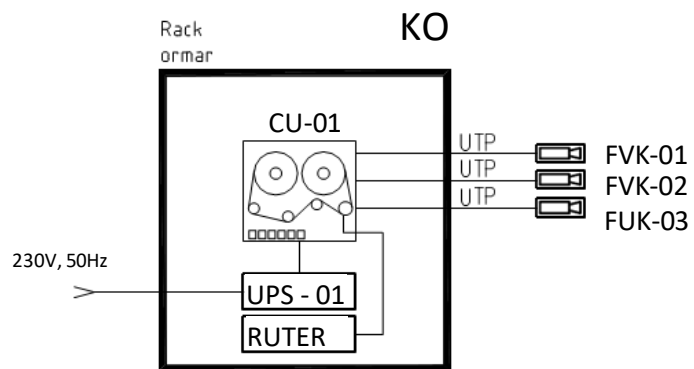
 - elektronska brava

 - pozivno tipkalo




**NAPOMENA:**

- do unutarnjih jedinica polaže se PSC cijevi  $\varnothing 25\text{mm}$
- do portuna se polaže korugirana PEHD cijevi  $\varnothing 40\text{mm}$   
(u iste se polažu kabeli za vanjsku jedinicu, elektronsku bravu i upravljanje el. motorom)
- instalaciju izvoditi original kabelima  
(ovisno o dobavljenoj opremi tj. proizvođaču)
- prije izvođenja instalacije potrebno je dobiti svu opremu radi kabliranja

*Slika 5.13.: Blok shema parlafonske instalacije*

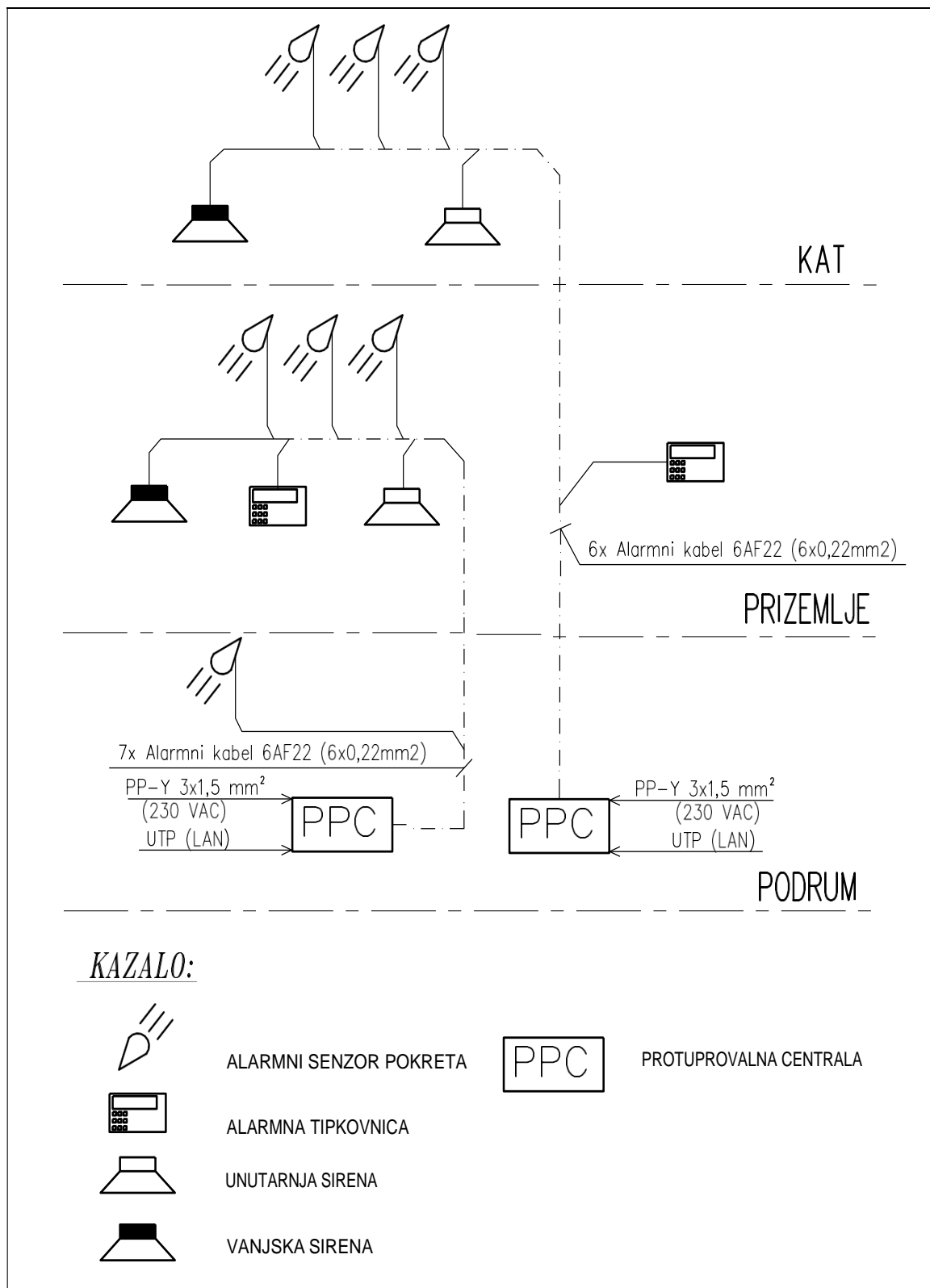


**Kazalo:**

	FVK-XX	FIKSNA VANJSKA IP PoE KAMERA
	CU-XX	CENTRALNI UREDAJ VIDEONADZORA
	UPS-XX	BESPREKIDNO NAPAJANJE

*Slika 5.14.: Blok shema videonadzora*





Slika 5.15.: Blok shema protuprovalnog sustava

## 6. ZAKLJUČAK

Napredna kućna instalacija „okosnica“ je modernog doma, donoseći pritom niz prednosti, ali i poneki nedostatak. Prednosti ovakvih sustava su brojne, a uključuju: poboljšanje energetske učinkovitosti, što posljedično rezultira smanjenjem troškova za električnu energiju te smanjen utjecaj na okolinu. Nadalje, inteligentni alarmni sustavi i nadzorne kamere omogućavaju korisnicima upravljanje i nadgledanje njihovih domova s udaljene lokacije čime se osigurava sigurnost. Međutim, velik je problem ovakve tehnologije cijena koja je značajno viša u odnosu na tradicionalnu tehnologiju. Također, pojavljuje se problem s privatnošću zato što ovakvi uređaji mogu prikupljati podatke o aktivnostima korisnika.

Tri su ključne karakteristike naprednih kućnih instalacija: automatizacija, daljinska kontrola i povezanost s internetom. Automatizacija omogućava sinkronizaciju rada svih uređaja u objektu kojima se može upravljati temeljem zadanih naredbi ili parametara. Daljinsko upravljanje pruža mogućnost kontrole i nadgledanja vlastitog doma putem tableta. Povezanost s internetom osnovni je preduvjet za razmjenu informacija između uređaja. Ukoliko se jedna od tih triju karakteristika zanemari, dolazi do velikih poteškoća pri upravljanju raznim podsustavima u naprednoj kućnoj instalaciji.

Pri njihovoj implementaciji, potrebno je pravilno planiranje i postavljanje svakog pojedinog podsustava kako bi se maksimalno iskoristile njihove prednosti i što više minimizirali potencijalni problemi. Razumijevanje ovakvih podsustava daje nam uvid u budućnost pametnih i energetske učinkovitih domova. Daljnjim razvojem i primjenom novih tehnologija može se značajno poboljšati kvaliteta života, uključujući uštedu električne energije i pozitivan ekološki učinak.

Izvršena je simulacija u alatu Simaris za niskonaponsku instalaciju gdje su provedeni proračuni bilance snage, pada napona, kratkog spoja, kriterij termičke čvrstoće, zaštita od preopterećenja i kriterij dosega zaštite. Sudeći prema dobivenim rezultatima iz proračuna svi kriteriji i uvjeti su zadovoljeni te na taj način osigurana je pouzdana i sigurna niskonaponska instalacija.

## LITERATURA

- [1] Dubravko Franković, predavanja iz kolegija „Električna postrojenja“
- [2] Rene Prenc, predavanja iz kolegija „Zaštita i automatika električnih postrojenja“
- [3] Materijali od firme „Adria elektronik“
- [4] Seminarski rad „Energetska učinkovitost i tehnološke alternative za krajnje potrošače“, Marin Blagdan, Ivan Britvić
- [5] Robert C. Elsenpeter:, „Build your own smart home“, knjiga
- [6] <https://kamir.hr/sustavi-videonadzora> (pristupljeno 13.07.2023.)
- [7] <https://bilic-eric.hr/sto-su-protuprovalni-sustavi> (pristupljeno 18.07.2023.)
- [8] <smart-home-house-technology-multimedia-smartph-600x424.png> (600×424) ([technofaq.org](http://technofaq.org)) (pristupljeno 15.06.2023.)
- [9] <La-domotica-y-la-casa-inteligente-4-800x430.jpg> (800×430) ([arqhys.com](http://arqhys.com)) (pristupljeno 21.06.2023.)
- [10] [FEG\\_40300.RC.FMI.61.PNG](FEG_40300.RC.FMI.61.PNG) (320×320) ([feller.ch](http://feller.ch)) (pristupljeno 25.06.2023.)
- [11] <klt70image.jpg> (500×500) ([computherm.com.ua](http://computherm.com.ua)) (pristupljeno 01.07.2023.)
- [12] <s-l640.jpg> (640×640) ([ebayimg.com](http://ebayimg.com)) (pristupljeno 02.07.2023.)
- [13] [sustav\\_videonadzora\\_ip.jpg](sustav_videonadzora_ip.jpg) (1208×870) ([kamir.hr](http://kamir.hr)) (pristupljeno 04.07.2023.)
- [14] [tipovi\\_kamera.png](tipovi_kamera.png) (1060×257) ([kamir.hr](http://kamir.hr)) (pristupljeno 12.07.2023.)
- [15] [pametni\\_senzor\\_kontaktni\\_za\\_vrata\\_okna\\_ds\\_pd1\\_mc\\_wws\\_h\\_hikvision\\_te9948032.JPG](pametni_senzor_kontaktni_za_vrata_okna_ds_pd1_mc_wws_h_hikvision_te9948032.JPG) (500×500) ([ena.com](http://ena.com)) (pristupljeno 14.07.2023.)
- [16] [oi53kn2zzp5qs718sjul\\_umtb4loqn3x22f207d.png](oi53kn2zzp5qs718sjul_umtb4loqn3x22f207d.png) (600×534) ([elmarkstore.eu](http://elmarkstore.eu)) (pristupljeno 24.07.2023.)
- [17] [Trasformatori\\_media\\_t.jpg](Trasformatori_media_t.jpg) (700×450) ([telmotor.it](http://telmotor.it)) (pristupljeno 05.08.2023.)
- [18] [Nadstrujni | PDF](#) ([scribd.com](http://scribd.com)) (pristupljeno 07.11.2023.)

## SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI

Unutar ovog rada obrađena je simulacija u alatu Simaris gdje su provedeni proračuni bilance snage, zaštita od preopterećenja, pad napona, kratki spoj i kriterij dosega zaštite za niskonaponsku elektroenergetsku instalaciju. Alat Simaris omogućava učinkovitu podršku za izbor i dimenzioniranje opreme u niskonaponskim instalacijama, izradu troškovnika, kao i prikaz proradnih karakteristika zaštitnih uređaja. Dobiveni rezultati iz navedenih proračuna zadovoljavaju sve zadane uvjete čime je niskonaponska instalacija ispravno projektirana.

Također, u ovom radu opisani su podsustavi naprednih kućnih instalacija, kao što su rasvjeta, klimatizacija, audio i videonadzorni sustav, protuprovalni sustav i sustav nadzora i upravljanja električnim opterećenjem. Kako bi se postigao sinergijski efekt, odnosno povezivanje pojedinih podsustava u cjelinu, tj. u napredni integrirani sustav koriste se različite tehnologije poput Wi-Fi, Bluetooth, Z-Wave, Zigbee, Ethernet i Powerline Communication.

Ključne riječi: niskonaponska instalacija, alat Simaris, bilanca snage, zaštita od preopterećenja, pad napona, kratki spoj, kriterij dosega zaštite, podsustavi naprednih kućnih instalacija, tehnologije za integraciju podsustava napredne kućne instalacije

## **SUMMARY AND KEYWORDS**

This thesis covers a simulation in the Simaris tool, where power balance calculations , overload protection, voltage drop, short circuit analysis and protection reach criteria for low-voltage electrical installations were performed. The Simaris tool provides efficient support for equipment selection and sizing in low-voltage installations, cost estimation and displays operational characteristics of protective devices. The results obtained from these calculations meet all specified requirements, ensuring the correct design of the low-voltage installation.

Additionally, this study describes subsystems of advanced home installations, such as lighting, air conditioning, audio and video surveillance systems, intrusion alarms and electrical load monitoring and control systems. To achieve a synergistic effect, i.e., the integration of individual subsystems into a comprehensive advanced integrated system, various technologies are employed, including Wi-Fi, Bluetooth, Z-Wave, Zigbee, Ethernet and Powerline Communication.

**Keywords:** low-voltage installation, Simaris tool, power balance, overload protection, voltage drop, short circuit, protection reach criteria, advanced home installation subsystems, integration technologies for advanced home installation subsystems.